
TUGAS AKHIR - MN141581

ANALISIS SLOSHING PADA INDEPENDENT SUPPORTING TANK TIPE C LNG CARRIER SECARA MELINTANG AKIBAT GERAKAN SWAYING, HEAVING, DAN ROLLING KAPAL DENGAN METODE COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS

RICKY FADHILLA SHALEH
NRP. 4110 100 092

Aries Sulisetyono, ST., MA.Sc., Ph.D.
Dr. Ir. Ketut Suastika

JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2015

FINAL PROJECT - MN141581

**TRANSVERSAL SLOSHING ANALYSIS FOR INDEPENDENT
SUPPORTING TANK TYPE C LNG CARRIER DUE TO SHIPS
SWAYING, HEAVING, AND ROLLING MOTION USING
COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS METHOD**

RICKY FADHILLA SHALEH
NRP. 4110 100 092

Aries Sulisetyono, ST., MA.Sc., Ph.D.
Dr. Ir. Ketut Suastika

DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE & SHIPBUILDING ENGINEERING
Faculty of Marine Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2015

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS *SLOSHING* PADA *INDEPENDENT SUPPORTING TANK* TIPE C LNG CARRIER SECARA MELINTANG AKIBAT GERAKAN *SWAYING, HEAVING, DAN ROLLING* DENGAN METODE *COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS*

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

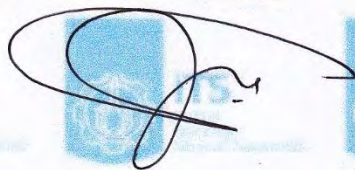
Bidang Keahlian Rekayasa Perkapalan – Hidrodinamika
Program S1 Jurusan Teknik Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

RICKY FADHILLA SHALEH
NRP. 4110 100 092

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

Dosen Pembimbing I



Aries Sulisetyono, ST., MA.Sc., Ph.D.
NIP. 19710320 199512 1 002



Dosen Pembimbing II



Dr. Ir. Ketut Suastika
NIP. 19691231 200604 1 178

SURABAYA, JANUARI 2015

LEMBAR REVISI

ANALISIS *SLOSHING* PADA *INDEPENDENT SUPPORTING TANK* TIPE C LNG CARRIER SECARA MELINTANG AKIBAT GERAKAN *SWAYING, HEAVING, DAN ROLLING* DENGAN METODE *COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS*

TUGAS AKHIR

Telah direvisi sesuai dengan hasil Ujian Tugas Akhir

Tanggal 08 Januari 2015

Bidang Keahlian Rekayasa Perkapalan – Hidrodinamika

Program S1 Jurusan Teknik Perkapalan

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

RICKY FADHILLA SHALEH

NRP. 4110 100 092

Disetujui oleh Tim Penguji Ujian Tugas Akhir:

1. Prof. Ir. I K.A.P. Utama, M.Sc., Ph.D.

2. Dony Setyawan, ST., M.Eng.



Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

1. Aries Sulisetyono, ST., M.ASc., Ph.D.

2. Dr. Ir. Ketut Suastika

SURABAYA, JANUARI 2015

ANALISIS SLOSHING PADA INDEPENDENT SUPPORTING TANK TIPE C LNG CARRIER SECARA MELINTANG AKIBAT GERAKAN SWAYING, HEAVING, DAN ROLLING DENGAN METODE COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS

Nama Penulis : Ricky Fadhilla Shaleh
NRP : 4110 100 092
Jurusan / Fakultas : Teknik Perkapalan / Teknologi Kelautan
Dosen pembimbing : 1. Aries Sulisetyono, ST., MA.Sc.,Ph.D.
: 2. Dr. Ir. Ketut Suastika

ABSTRAK

Sloshing merupakan perpindahan dari suatu cairan akibat eksitasi tangki oleh gaya luar yang dipengaruhi oleh permukaan bebasnya. Berdasarkan IGC Code, dalam perencanaan tangki pada kapal dengan muatan *liquid gases*, salah satu parameter yang dipertimbangkan adalah beban akibat *sloshing*. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui besarnya *pressure* yang terjadi pada dinding tangki LNG jenis *Independent Self Supporting Tank* dengan bentuk *Bilobe*, yang diakibatkan oleh spektra respons *Sway*, *Heave*, dan *Roll* pada daerah pelayaran Bontang - Samarinda. Pemodelan tangki dilakukan secara 2D dengan ukuran lebar separuh tangki 6,65 m dan tinggi 6,9 m dengan *software* GAMBIT. Simulasi *sloshing* dilakukan menggunakan *software* FLUENT dengan *filling level* 10%, 50%, dan 90% dari ketinggian tangki. Pengaruh efek *sloshing* yang terjadi pada tangki observasi merupakan kombinasi dari nilai input spektra respons *sway*, *heave*, dan *roll*. Kombinasi tersebut memiliki nilai maksimum pada rentang frekuensi antara 0.8 - 1.2 [rad/s] yaitu masing – masing sebesar 0.763 [m²(rad/s)], 1.005 [m²(rad/s)], serta 20.197 [deg²(rad/s)]. Spektra respons tersebut menghasilkan pengaruh beban *sloshing* terbesar pada dinding tangki *long. bulkhead* untuk kondisi *filling level* 50% yaitu sebesar 6.89% atau 253.8503 [Pa] dari total *pressure* pada kondisi *filling level* yang sama yang bernilai 3684.823 [Pa]. Nilai tersebut lebih besar daripada presentase pengaruh nilai *dynamic pressure* maksimum untuk kondisi *filling level* 90% yang terjadi pada *long. bulkhead* yaitu sebesar 1.95% atau sebesar 319.2278 [Pa] dari nilai *total pressure* pada kondisi *filling level* tersebut yaitu 16349.56 [Pa]. Sedangkan pengaruh *filling level* terhadap peningkatan beban *sloshing* yang signifikan adalah pada dinding tangki *long. bulkhead* untuk tiap variasi *filling level* 10%, 50%, dan 90% yaitu berturut turut sebesar 1.222938 [Pa], 253.8503 [Pa], dan 319.2278 [Pa]. Peningkatan nilai tersebut memiliki nilai yang lebih signifikan dibandingkan dengan kenaikan beban *sloshing* pada dinding tangki *tank wall* pada kondisi *filling level* 10%, 50% dan 90% yaitu sebesar 80.12007 [Pa], 162.1433 [Pa], dan 240.1272 [Pa].

Kata Kunci : Bilobe, Bontang – Samarinda, FLUENT, Heaving, LNG, Rolling, Sloshing, Spektra Respons, Swaying, 2D.

TRANSVERSAL SLOSHING ANALYSIS FOR INDEPENDENT SUPPORTING TANK TYPE C LNG CARRIER DUE TO SHIPS SWAYING, HEAVING, AND ROLLING MOTION USING COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS

Author : Ricky Fadhilla Shaleh
ID No. : 4110 100 092
Department/Faculty : Naval Architecture & Shipbuilding
Engineering / Marine Technology
Supervisors : 1. Aries Sulisetyono, ST., MA.Sc.,Ph.D.
: 2. Dr. Ir. Ketut Suastika

ABSTRACT

Sloshing are displacement of fluid due to tank excitation by external force influenced by free surface of the tank. Based on the IGC Code, one of the parameters considered on structure analysis of ship liquid gases cargo tank are determined by sloshing loads. This analysis aims to determine the amount of pressure (static, dynamic and total) which can occurred in the independent self supporting bilobe tank, that caused by Sway, Heave, and Roll of ship motion at Bontang - Samarinda. Tank modeller are applied in 2D according to the geometry of the tank, with half width is 6.65 m and 6.9 m of height using GAMBIT. Filling level at 10%, 50%, and 90% are used as variations on FLUENT simulations. Sloshing effect's on that observed tank based on combination of sway, heave and roll spectra respons with maximum value are 0.763 [m²(rad/s)], 1.005 [m²(rad/s)], and 20.197 [deg²(rad/s)] on 0.8 – 1.2 [rad/s] range of frequency. That's caused significant increasing sloshing loads on longitudinal bulkhead for 50% filling level's condition with 6.89% or 253.8503 [Pa] of the total pressure on same boundary condition and filling level, that is 3684.823 [Pa]. That value's more than maximum sloshing loads that occurred on longitudinal bulkhead at 90% filling level condition by 1.95% of percentage or 319.2278 [Pa] of the total pressure at that condition, that is 16349.56 [Pa]. Even though, filling level variations that caused significant increasing effect on sloshing load is occurred on longitudinal bulkhead by condition 10%, 50% and 90% there are 1.222938 [Pa], 253.8503 [Pa], dan 319.2278 [Pa]. That values are more increased significantly than sloshing load on tank wall's boundary condition by 80.12007 [Pa], 162.1433 [Pa], dan 240.1272 [Pa] with 10%, 50% and 90% filling level condition.

Keywords : Bilobe, Bontang – Samarinda, FLUENT, Heaving, LNG, Rolling, Sloshing, Spektra Respons , Swaying, 2D.

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kepada Allah SWT yang memberikan rahmat dan hidayahnya serta atas segala nikmat, sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian Tugas Akhir yang berjudul : “**Analisis *Sloshing* pada *Independent Supporting Tank* Tipe C LNG Carrier secara Melintang akibat Gerakan *Swaying*, *Heaving*, dan *Rolling* dengan Metode *Computational Fluid Dynamics*”.**

Pada kesempatan ini Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang membantu penyelesaian Tugas Akhir ini, yaitu :

1. Bapak Aries Sulisetyono, ST. MA.Sc., Ph.D., dan Bapak Dr. Ir. Ketut Suastika selaku dosen pembimbing yang dengan sabar telah memberikan bimbingan, ilmu dan arahan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. I Ketut Aria Pria Utama, M.Sc., selaku Ketua Jurusan Teknik Perkapalan FTK - ITS.
3. Bapak Ir. Budie Santosa, MT., selaku dosen wali penulis semasa menempuh pendidikan di Teknik Perkapalan FTK – ITS.
4. Bapak Drs. H. Suwandi dan Dra. Hj. Ibu Dyah Eko Yuliani sebagai orang tua penulis yang telah memberikan dukungan dan doa untuk penulis.
5. Segenap dosen dan karyawan Jurusan Teknik Perkapalan FTK – ITS.
6. Rekan-rekan mahasiswa ITS pada umumnya, dan mahasiswa Teknik Perkapalan FTK – ITS pada khususnya terutama teman-teman CAPTAIN P50.
7. Ucapan terima kasih yang spesial penulis persembahkan kepada kekasih tercinta “Sekar Purtiantari”.
8. Semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa penulisan Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan dan jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan penulisan selanjutnya. Akhir kata, semoga tulisan ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak.

Surabaya, Januari 2015

Penulis

DAFTAR ISI

| | |
|---|------|
| LEMBAR PENGESAHAN | iii |
| LEMBAR REVISI | iv |
| HALAMAN PERUNTUKAN | v |
| KATA PENGANTAR | vi |
| ABSTRAK | vii |
| ABSTRACT | viii |
| DAFTAR ISI | ix |
| DAFTAR GAMBAR | xii |
| DAFTAR TABEL | xvi |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang Masalah | 1 |
| 1.2 Perumusan Masalah | 2 |
| 1.3 Batasan Masalah | 3 |
| 1.4 Tujuan | 3 |
| 1.5 Manfaat | 4 |
| 1.6 Hipotesis | 4 |
| BAB II STUDI LITERATUR | 5 |
| 2.1 Karakteristik LNG | 5 |
| 2.1.1 Viskositas | 6 |
| 2.1.2 <i>Filling Level</i> | 6 |
| 2.2 Kapal sebagai Moda Transportasi Liquefied Natural Gas (LNG) | 7 |
| 2.3 Klasifikasi Kapal LNG | 9 |
| 2.3.1 <i>Independent Tanks Type C</i> | 11 |
| 2.4 Teori Gelombang | 12 |
| 2.4.1 Formulasi Gerak Harmonis Sederhana | 12 |
| 2.4.2 Gelombang Sinusoidal | 14 |
| 2.5 Respon Gerakan Kapal di Gelombang | 15 |
| 2.5.1 Olah Gerak Kapal dalam 6-Derajat Kebebasan | 15 |
| 2.5.2 Sway | 17 |
| 2.5.3 Heave | 18 |
| 2.5.4 Roll | 20 |

| | | |
|-------------------------|---|----|
| 2.5.5 | Arah Gelombang..... | 20 |
| 2.5.6 | Frekuensi Gelombang Papasan..... | 22 |
| 2.5.7 | Response Amplitude Operator (RAO)..... | 24 |
| 2.6 | Gelombang Acak..... | 26 |
| 2.6.1 | Pengukuran Gelombang Laut | 27 |
| 2.6.2 | Klasifikasi Kondisi Laut | 28 |
| 2.6.3 | Karakteristik Gelombang Acak..... | 29 |
| 2.6.4 | Spektrum Energi Gelombang..... | 30 |
| 2.6.5 | Formulasi Spektrum Gelombang..... | 31 |
| 2.6.6 | Spektra JONSWAP..... | 32 |
| 2.6.7 | Respons Kapal di Gelombang Acak | 32 |
| 2.7 | Persamaan Navier-Stokes..... | 34 |
| 2.8 | Sloshing..... | 35 |
| 2.8.1 | Sloshing Load Assesment..... | 36 |
| 2.8.2 | Dinamika Sloshing..... | 37 |
| 2.8.3 | Eksitasi Sloshing..... | 38 |
| 2.8.4 | Pemodelan sloshing | 38 |
| 2.8.5 | Pemodelan Aliran Turbulen..... | 40 |
| 2.9 | Volume of Fluid | 42 |
| 2.9.1 | Persamaan <i>Volume Fraction</i> | 43 |
| 2.9.2 | Persamaan Momentum..... | 43 |
| 2.9.3 | Pengenalan ANSYS FLUENT..... | 44 |
| 2.9.4 | Metode Diskritisasi FLUENT..... | 44 |
| 2.9.5 | Solver pada FLUENT | 45 |
| 2.10 | Grid Independence | 46 |
| 2.11 | Teori Analisis Tingkat Kesalahan Meshing..... | 47 |
| BAB III METODOLOGI..... | | 51 |
| 3.1 | Diagram Alir | 51 |
| 3.2 | Pengumpulan Data | 52 |
| 3.2.1 | Data Spesifikasi Tangki LNG..... | 52 |
| 3.2.2 | Data Gelombang | 53 |
| 3.2.3 | Data Response Amplitude Operator (RAO) | 54 |
| 3.2.4 | Data Sudut Fase | 56 |

| | | |
|-----------------------------------|--|-----|
| 3.3 | Perhitungan Spektra Gelombang..... | 58 |
| 3.3.1 | Spektra JONSWAP | 58 |
| 3.3.2 | Validasi Spektra JONSWAP..... | 61 |
| 3.4 | Perhitungan Spektra Respons..... | 64 |
| 3.5 | Simulasi FLUENT..... | 66 |
| 3.5.1 | <i>Pre-processing</i> | 66 |
| 3.5.2 | <i>Solving</i> | 68 |
| 3.5.3 | <i>Post-processing</i> | 68 |
| 3.6 | Grid Independence | 69 |
| 3.6.1 | Hasil Simulasi untuk Tahap Analisa Grid Independence | 69 |
| 3.6.2 | Analisis Tingkat Error Meshing..... | 77 |
| 3.7 | Validasi..... | 80 |
| 3.8 | Probability Exceeds..... | 82 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN | | 87 |
| 4.1 | Hasil Perhitungan | 87 |
| 4.1.1 | Hasil perhitungan <i>Static Pressure, Filling Level 10%</i> | 87 |
| 4.1.2 | Hasil perhitungan <i>Static Pressure, Filling Level 50%</i> | 90 |
| 4.1.3 | Hasil perhitungan <i>Static Pressure, Filling Level 90%</i> | 92 |
| 4.1.4 | Hasil perhitungan <i>Dynamic Pressure, Filling Level 10%</i> | 95 |
| 4.1.5 | Hasil perhitungan <i>Dynamic Pressure, Filling Level 50%</i> | 97 |
| 4.1.6 | Hasil perhitungan <i>Dynamic Pressure , Filling Level 90%</i> | 99 |
| 4.1.7 | Hasil perhitungan <i>Total Pressure , Filling Level 10%</i> | 101 |
| 4.1.8 | Hasil perhitungan <i>Total Pressure , Filling Level 50%</i> | 102 |
| 4.1.9 | Hasil perhitungan <i>Total Pressure , Filling Level 90%</i> | 103 |
| 4.2 | PEMBAHASAN | 104 |
| 4.2.1 | Perbandingan <i>Static Pressure, Filling Level 10%, 50%, dan 90%</i> | 104 |
| 4.2.2 | Perbandingan <i>Dynamic Pressure , Filling Level 10%, 50%, dan 90%</i> | 107 |
| 4.2.3 | Perbandingan <i>Total Pressure , Filling Level 10%, 50%, dan 90%</i> | 110 |
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN | | 121 |
| 5.1 | Kesimpulan..... | 121 |
| 5.2 | Saran..... | 122 |
| DAFTAR PUSTAKA | | 123 |
| BIODATA PENULIS | | 125 |

DAFTAR TABEL

| | | |
|------------|--|-----|
| Tabel 2.1 | Enam (6) Mode Derajat Kebebasan Gerakan Kapal..... | 15 |
| Tabel 2.2 | Klasifikasi <i>Sea State</i> menurut WMO..... | 28 |
| Tabel 3.1 | Dimensi Utama Tangki..... | 52 |
| Tabel 3.2 | Input Data Gelombang Perairan Bontang – Samarinda..... | 53 |
| Tabel 3.3 | Koordinat RAO Kapal LNG (Romansyah, 2014)..... | 55 |
| Tabel 3.4 | Koordinat Grafik Sudut Fase Kapal LNG (Romansyah, 2014)..... | 57 |
| Tabel 3.5 | Proses Perhitungan Spektra JONSWAP | 59 |
| Tabel 3.6 | Hasil Perhitungan JONSWAP's <i>Spectra</i> , dengan Variasi γ , $HS = 3$ [m]. | 62 |
| Tabel 3.7 | Tabel Perhitungan Spektra Respons. | 64 |
| Tabel 3.8 | Variasi <i>Meshing</i> pada Tahap <i>Grid Independence</i> | 69 |
| Tabel 3.9 | <i>Setting</i> untuk Tahap Analisa <i>Grid Independence</i> , <i>Grid A</i> | 73 |
| Tabel 3.10 | <i>Setting</i> untuk Tahap Analisa <i>Grid Independence</i> , <i>Grid B</i> | 74 |
| Tabel 3.11 | <i>Setting</i> untuk Tahap Analisa <i>Grid Independence</i> , <i>Grid C</i> | 75 |
| Tabel 3.12 | <i>Setting</i> untuk Tahap Analisa <i>Grid Independence</i> , <i>Grid D</i> | 79 |
| Tabel 3.13 | Rangkuman Tahap Analisis Tingkat Error <i>Meshing</i> | 79 |
| Tabel 3.14 | Jenis <i>Meshing</i> untuk Tahap Variasi <i>Filling Level</i> | 80 |
| Tabel 4.1 | Prosentase Kenaikan <i>Pressure</i> pada Tangki <i>Rectangular</i> | 117 |
| Tabel 4.2 | Prosentase Kenaikan <i>Pressure</i> pada Tangki <i>Bilobe</i> | 117 |

DAFTAR GAMBAR

| | | |
|-------------|--|----|
| Gambar 2.1 | Ilustrasi LNG <i>Plant Production</i> oleh Shell Corp. | 5 |
| Gambar 2.2 | Pola Alur Ditribusi LNG Dunia (Myung, 2013). | 7 |
| Gambar 2.3 | Grafik Perkembangan Ukuran kapal LNG (Delpizzo, 2014). | 9 |
| Gambar 2.4 | Klasifikasi kapal LNG menurut IMO (Delpizzo, 2014). | 10 |
| Gambar 2.5 | Tangki Jenis <i>Bilobe</i> terbesar di dunia (9,686 m ³) oleh Denmark's Evergas (Delpizzo, 2014). | 11 |
| Gambar 2.6 | Ilustrasi Gerak Harmonis Sederhana. | 12 |
| Gambar 2.7 | Karakteristik pada Gerak Harmonis Sederhana. | 13 |
| Gambar 2.8 | Representasi Gelombang Sinusoidal. | 14 |
| Gambar 2.9 | Notasi Umum dan Konvensi Simbol terhadap Deskripsi Olah Gerak Kapal (SNAME, 1950). | 16 |
| Gambar 2.10 | Grafik Perbandingan RAO Bangunan Apung Melaju (Djarmiko, 2012). | 18 |
| Gambar 2.11 | Definisi Sudut Hadap Kapal terhadap Arah Gelombang. | 21 |
| Gambar 2.12 | Bangunan Laut Melaju di Gelombang dengan Arah μ | 22 |
| Gambar 2.13 | Bentuk Umum Grafik Repons Gerakan Kapal. | 24 |
| Gambar 2.14 | Klasifikasi Spektrum Gelombang Laut Berdasarkan Periode. | 26 |
| Gambar 2.15 | Definisi Pengukuran Parameter Sampel Gelombang Acak. | 29 |
| Gambar 2.16 | Definisi Spektrum Energi Gelombang. | 31 |
| Gambar 2.17 | Transformasi Spektra Gelombang menjadi Spektra Respons. | 33 |
| Gambar 2.18 | Fenomena <i>Sloshing</i> pada Tangki Memanjang (Khezzar & Seibi, 2009). | 35 |
| Gambar 2.19 | Ilustrasi Skema <i>Sloshing</i> | 37 |
| Gambar 2.20 | Skema Solver pada <i>Volume of Fluid</i> Multifase (Anwar, 2013). | 46 |
| Gambar 2.21 | Empat (4) Variasi Meshing pada Tahap <i>Grid Independence</i> | 48 |
| Gambar 3.1 | Penampang Melintang Kapal & Tangki <i>Bilobe</i> LNG. | 52 |
| Gambar 3.2 | Titik Berat Tangki LNG Tipe <i>Independent Self Supporting Tank</i> Jenis <i>Bilobe</i> , Ditunjukkan dengan Simbol β (Senjanovic, Slapnicar, Mravak, Rudan, & Ljustina, 2008). | 53 |
| Gambar 3.3 | Grafik RAO untuk Gerakan <i>Sway</i> , <i>Heave</i> , dan <i>Roll</i> (Romansyah, 2014). | 54 |
| Gambar 3.4 | Grafik Sudut Fase Kapal LNG (Romansyah, 2014). | 56 |
| Gambar 3.5 | Grafik Spektra Gelombang & Spektra Gelombang Papasan Berdasarkan Formulasi Hasselmann dkk (1973). | 60 |

| | | |
|-------------|--|----|
| Gambar 3.6 | Spektra JONSWAP. (a) dalam Fungsi Parameter Puncak γ , $HS = 3[m]$. (b) dalam Fungsi Tinggi Gelombang Signifikan HS , $\gamma = 3.3$ | 61 |
| Gambar 3.7 | Grafik Validasi Perhitungan Spektra Gelombang JONSWAP. | 63 |
| Gambar 3.8 | Grafik Spektra Respons untuk Mode Gerakan <i>Sway</i> | 65 |
| Gambar 3.9 | Grafik Spektra Respons untuk Mode Gerakan <i>Heave</i> | 65 |
| Gambar 3.10 | Grafik Spektra Respons untuk Mode Gerakan <i>Roll</i> | 66 |
| Gambar 3.11 | Pemodelan Numerik Tangki <i>Bilobe</i> dengan Variasi <i>Filling Level</i> adalah 10%, 50% dan 90% dari Tinggi Dinding Utama Tangki. | 67 |
| Gambar 3.12 | Pemilihan Tipe <i>Output</i> FLUENT. | 68 |
| Gambar 3.13 | Visualisasi <i>Grid</i> dengan Jumlah Elemen 34073. | 70 |
| Gambar 3.14 | Visualisasi <i>Grid</i> dengan Jumlah Elemen 14676. | 70 |
| Gambar 3.15 | Visualisasi <i>Grid</i> dengan Jumlah Elemen 9484. | 71 |
| Gambar 3.16 | Visualisasi <i>Grid</i> dengan Jumlah Elemen 4513. | 71 |
| Gambar 3.17 | Grafik <i>Static Pressure</i> dengan <i>Grid A</i> | 72 |
| Gambar 3.18 | Grafik <i>Static Pressure</i> dengan <i>Grid B</i> | 73 |
| Gambar 3.19 | Grafik <i>Static Pressure</i> dengan <i>Grid C</i> | 74 |
| Gambar 3.20 | Grafik <i>Static Pressure</i> dengan <i>Grid D</i> | 76 |
| Gambar 3.21 | Grafik Perbedaan <i>Pressure</i> , <i>mean error</i> dan <i>root mean square error</i> [%] pada <i>Long. Bulkhead</i> | 77 |
| Gambar 3.22 | Grafik Perbedaan <i>Pressure</i> , <i>mean error</i> dan <i>root mean square error</i> [%] pada <i>Long. Bulkhead</i> | 78 |
| Gambar 3.23 | Grafik Perbedaan <i>Pressure</i> , <i>mean error</i> dan <i>root mean square error</i> [%] pada <i>Long. Bulkhead</i> | 79 |
| Gambar 3.24 | Karakteristik Tangki Validasi (Fuent Inc., 2005). | 81 |
| Gambar 3.25 | <i>Static Pressure</i> pada Simulasi Validasi. | 81 |
| Gambar 3.26 | Aktivasi Panel <i>Enable Command</i> | 82 |
| Gambar 3.27 | Simulasi Input Data pada Minitab. | 83 |
| Gambar 3.28 | Pengaktifan Panel <i>Probability Plot</i> | 83 |
| Gambar 3.29 | Pemilihan <i>Probability Plot</i> | 84 |
| Gambar 3.30 | Pemilihan Input Data pada Tahap Analisis Sebaran Weibull 3 Parameter. ... | 84 |
| Gambar 3.31 | Grafik Output Analisis Sebaran Weibull 3 Parameter. | 85 |
| Gambar 4.1 | Grafik <i>Static Pressure on Long. Bulkhead & Tank Wall</i> [Pa]. | 87 |
| Gambar 4.2 | Fenomena <i>Sloshing</i> pada <i>Filling Level</i> 10%. | 88 |
| Gambar 4.3 | Grafik Probability Plot Ditribusi Weibull pada <i>Long. Bulkhead</i> | 88 |

| | | |
|-------------|---|-----|
| Gambar 4.4 | Grafik Probability Plot Ditribusi Weibull pada <i>Tank Wall</i> | 89 |
| Gambar 4.5 | Grafik <i>Static Pressure on Long. Bulkhead & Tank Wall</i> [Pa]. | 90 |
| Gambar 4.6 | Fenomena <i>Sloshing</i> pada <i>Filling Level</i> 50%. | 91 |
| Gambar 4.7 | Grafik Probability Plot Ditribusi Weibull pada <i>Long. Bulkhead</i> | 91 |
| Gambar 4.8 | Grafik Probability Plot Ditribusi Weibull pada <i>Tank Wall</i> | 92 |
| Gambar 4.9 | Grafik <i>Static Pressure on Long. Bulkhead & Tank Wall</i> [Pa]. | 92 |
| Gambar 4.10 | Fenomena <i>Sloshing</i> pada <i>Filling Level</i> 90%. | 93 |
| Gambar 4.11 | Grafik Probability Plot Ditribusi Weibull pada <i>Long. Bulkhead</i> | 93 |
| Gambar 4.12 | Grafik Probability Plot Ditribusi Weibull pada <i>Tank Wall</i> | 94 |
| Gambar 4.13 | Grafik <i>Dyamic Pressure on Long. Bulkhead & Tank Wall</i> [Pa]. | 95 |
| Gambar 4.14 | Fenomena <i>Sloshing</i> pada <i>Filling Level</i> 10%. | 95 |
| Gambar 4.15 | Grafik Probability Plot Ditribusi Weibull pada <i>Long. Bulkhead</i> | 96 |
| Gambar 4.16 | Grafik Probability Plot Ditribusi Weibull pada <i>Tank Wall</i> | 96 |
| Gambar 4.17 | Grafik <i>Dyamic Pressure on Long. Bulkhead & Tank Wall</i> [Pa]. | 97 |
| Gambar 4.18 | Fenomena <i>Sloshing</i> pada <i>Filling Level</i> 50%. | 98 |
| Gambar 4.19 | Grafik Probability Plot Ditribusi Weibull pada <i>Long. Bulkhead</i> | 98 |
| Gambar 4.20 | Grafik <i>Dyamic Pressure on Long. Bulkhead & Tank Wall</i> [Pa]. | 99 |
| Gambar 4.21 | Fenomena <i>Sloshing</i> pada <i>Filling Level</i> 90%. | 100 |
| Gambar 4.22 | Grafik Probability Plot Ditribusi Weibull pada <i>Long. Bulkhead</i> | 100 |
| Gambar 4.23 | Grafik <i>Total Pressure on Long. Bulkhead & Tank Wall</i> [Pa]. | 101 |
| Gambar 4.24 | Fenomena <i>Sloshing</i> pada <i>Filling Level</i> 10%. | 102 |
| Gambar 4.25 | Grafik <i>Total Pressure on Long. Bulkhead & Tank Wall</i> [Pa]. | 102 |
| Gambar 4.26 | Fenomena <i>Sloshing</i> pada <i>Filling Level</i> 50%. | 103 |
| Gambar 4.27 | Grafik <i>Total Pressure on Long. Bulkhead & Tank Wall</i> [Pa]. | 103 |
| Gambar 4.28 | Fenomena <i>Sloshing</i> pada <i>Filling Level</i> 90%. | 104 |
| Gambar 4.29 | Grafik Perbandingan <i>Static Pressure</i> pada <i>Tank Wall</i> [Pa]. | 105 |
| Gambar 4.30 | Diagram Perbandingan <i>Static Pressure</i> pada <i>Tank Wall</i> | 106 |
| Gambar 4.31 | Grafik Perbandingan <i>Static Pressure</i> pada <i>Long. Bulkhead</i> [Pa]. | 106 |
| Gambar 4.32 | Diagram Perbandingan <i>Static Pressure</i> pada <i>Long. Bulkhead</i> | 107 |
| Gambar 4.33 | Grafik Perbandingan <i>Dynamic Pressure</i> pada <i>Tank Wall</i> [Pa]. | 108 |
| Gambar 4.34 | Diagram Perbandingan <i>Dynamic Pressure</i> pada <i>Tank Wall</i> | 109 |
| Gambar 4.35 | Grafik Perbandingan <i>Dynamic Pressure</i> pada <i>Longitudial Bulkhead</i> [Pa]. | 109 |
| Gambar 4.36 | Diagram Perbandingan <i>Dynamic Pressure</i> pada <i>Longitudinal Bulkhead</i> | 110 |
| Gambar 4.37 | Grafik Perbandingan <i>Total Pressure</i> pada <i>Tank Wall</i> [Pa]. | 111 |

| | | |
|-------------|---|-----|
| Gambar 4.38 | Diagram Perbandingan <i>Total Pressure</i> pada <i>Tank Wall</i> | 111 |
| Gambar 4.39 | Grafik Perbandingan <i>Total Pressure</i> pada <i>Longitudinal Bulkhead</i> [Pa]..... | 112 |
| Gambar 4.40 | Diagram Perbandingan <i>Total Pressure</i> pada <i>Long. Bulkhead</i> | 113 |
| Gambar 4.41 | Diagram Perbandingan <i>Left Wall</i> dengan <i>Long. Bulkhead</i> [Pa]..... | 114 |
| Gambar 4.42 | Diagram Perbandingan <i>Right Wall</i> dengan <i>Tank Wall</i> [Pa]..... | 114 |
| Gambar 4.43 | Diagram Perbandingan <i>Left Wall</i> dengan <i>Long. Bulkhead</i> [Pa]..... | 115 |
| Gambar 4.44 | Diagram Perbandingan <i>Right Wall</i> dengan <i>Tank Wall</i> [Pa]..... | 115 |
| Gambar 4.45 | Diagram Perbandingan <i>Left Wall</i> dengan <i>Long. Bulkhead</i> [Pa]..... | 116 |
| Gambar 4.46 | Diagram Perbandingan <i>Right Wall</i> dengan <i>Tank Wall</i> [Pa]..... | 116 |
| Gambar 4.47 | Grafik Perbandingan <i>Dynamic Pressure</i> pada Tiap Kondisi Batas [Pa]..... | 118 |

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Pada saat ini gas alam dikirim melalui laut dalam bentuk yang telah dicairkan dimana bertujuan untuk mengurangi volume gas yang dibutuhkan dan memungkinkan proses pengiriman lebih menguntungkan ditinjau dari segi ekonomi. Akibat jenis muatannya yang khusus maka kapal jenis *liquefied gas carriers* memiliki karakteristik konstruksi khusus, serta bentuk tangki ruang muat yang berbeda dari jenis kapal pada umumnya. Berdasarkan jenis muatannya, kapal jenis ini dibagi kedalam dua kategori, yaitu *Liquefied Natural Gas (LNG)* dan *Liquefied Petroleum Gas (LPG) Carriers*. LNG diinsulasi pada suhu *cryogenic* dan tekanan yang lebih besar dari tekanan atmosfer. Sedangkan, LPG dikirim dalam kondisi seperti berikut :

- Pendinginan sedikit diatas tekanan atmosfer.
- Pendinginan, Tekanan dibawah suhu lingkungan dan diatas tekanan atmosfer.
- Tekanan Tinggi pada suhu lingkungan.

Muatan cargo cair berada pada keadaan didekat titik didih pada tekanan tertentu. Hasil pemanasan gas *petroleum* dicairkan kembali dan dipindahkan ke dalam ruang muat. Sejak proses pengangkutan gas dapat memberikan dampak bahaya, maka suatu peraturan dikeluarkan oleh IMO yang tertuang pada IGC Code yang bertujuan untuk menanggulangi dampak bahaya yang dapat ditimbulkan oleh muatan *gas carriers*.

Pada umumnya, ada beberapa jenis tangki yang digunakan pada proses pengiriman *liquified gas*, antara lain : *integral tanks, membrane tanks, semi-membrane tanks and independent tanks*. Adapun karakteristik tangki yang diatur dalam peraturan klasifikasi antara lain analisis terhadap bentuk dan jenis tangki, perencanaan tekanan terhadap muatan, serta prosedur pendinginan juga mempengaruhi dasar perencanaan.

Tangki muat dengan jenis *independent cargo tanks* merupakan struktur terpisah dan tidak termasuk dalam perhitungan kekuatan memanjang kapal. Berdasarkan IMO, tangki jenis ini dibagi dalam tipe A,B, dan C. Tangki tipe A dan B dirancang sebagai *plane surfaces (gravity tanks)* dan desain tekanan uap kurang dari 0.7 bar. Sedangkan tangki jenis *independent tanks* tipe C merupakan struktur kulit (masuk kedalam kategori *pressure vessels*) pada kriteria perencanaannya, dioperasikan pada batas tekanan uap 20 bar (Lloyd's Register Rulefinder, 2009).

Dalam analisa gerak kapal, efek permukaan bebas dan *sloshing* didalam ruang muat seringkali diabaikan, hal ini bertujuan untuk mengurangi kompleksitas proses tersebut. Namun, banyak eksperimental dan studi numerik menunjukkan bahwa efek gerakan *sloshing* dan olah gerak kapal memiliki nilai yang besar. Penanggulangan efek gerakan *sloshing* dari muatan merupakan salah satu kriteria perencanaan bentuk dan jenis tangki pada kapal *liquefied gas tankers*. Gerakan bebas muatan pada tangki yang bersifat cair (*liquid*) tentunya memiliki efek besar terhadap konstruksi dari permukaan tangki yang bersinggungan secara langsung dengan fluida.

Perencanaan volume ruang muat pada umumnya tidak lebih dari 98% dari volume total tangki pada suhu tertentu berdasarkan jenis muatan yang diangkut. Sedangkan pada kondisi kapal kosong, fluida didalam tangki harus disisakan pada level *flammability range* (dalam vol % : 5% – 15%). Hal ini bertujuan sebagai salah satu komponen dalam sistem pendinginan tangki saat kapal berada dalam kondisi tanpa muatan. Kedua kondisi volume muatan dalam tangki tersebut akan menghasilkan efek gerakan *sloshing* pada pelayaran samudra. Olah gerak kapal yang ditinjau pada penelitian kali ini adalah gerakan *swaying*, *heaving* dan *rolling* kapal pada daerah pelayaran antara Bontang – Samarinda.

Analisis terhadap gerakan *sloshing* yang dapat mengakibatkan kerusakan terhadap struktur tangki pada jenis *Bilobe Tanks* perlu dilakukan guna mendapatkan karakteristik efek *sloshing* yang berupa tegangan, deformasi, dan tekanan. Hal ini dapat dijadikan pertimbangan desain pada perancangan *independent tanks* tipe C dengan jenis *bilobe tanks*.

1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan yang akan dikaji dalam Tugas Akhir ini adalah:

- a. Bagaimana pengaruh gerakan *swaying*, *heaving* dan *rolling* kapal terhadap distribusi tekanan cairan akibat efek *sloshing* pada dinding tangki observasi?
- b. Bagaimanakah pengaruh efek *sloshing* terhadap peningkatan tekanan cairan pada dinding tangki observasi?
- c. Bagaimana pengaruh variasi *filling level* terhadap distribusi tekanan cairan pada dinding tangki observasi?

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan-batasan masalah yang pada penelitian ini adalah:

- a. Pemodelan tangki dilakukan secara 2D terhadap tangki *Independent* tipe C dengan jenis *Bilobe Tanks*.
- b. Ukuran Utama kapal :
Lwl : 105 m
B : 16,8 m
H : 5 m
T : 3,4 m
- c. Analisa dilakukan dengan permodelan dibantu *software* GAMBIT dan dilakukan proses simulasi *sloshing* dengan *software Computational Fluid Dynamic* (CFD) Ansys Fluent.
- d. Gerakan *sloshing* yang dianalisis merupakan akibat dari gerakan *Swaying*, *Heaving* dan *Rolling* kapal.
- e. Pemodelan *turbulence* menggunakan mode turbulensi *k-epsilon*.
- f. Analisa terhadap efek viskositas fluida diabaikan.
- g. Variasi yang dilakukan adalah ketinggian cairan pada kondisi *filling level* sebesar 10%, 50% dan 90% dari ketinggian tangki.
- h. Daerah pelayaran yang ditinjau adalah pada perairan Bontang - Samarinda.
- i. Analisa kontruksi tangki tidak ditinjau lebih dalam.

1.4 Tujuan

Tujuan dalam penulisan tugas akhir ini adalah :

- a. Melakukan analisis terhadap pengaruh gerakan *swaying*, *heaving* dan *rolling* kapal terhadap distribusi tekanan cairan pada dinding tangki observasi.
- b. Melakukan analisis pengaruh efek *sloshing* terhadap peningkatan tekanan cairan pada dinding tangki observasi.
- c. Melakukan analisis pengaruh variasi *filling level* terhadap distribusi tekanan cairan pada dinding tangki observasi.

1.5 Manfaat

Adapun manfaat dari penulisan Tugas Akhir ini adalah:

- a. Memberikan analisis terhadap pengaruh gerakan *swaying*, *heaving* dan *rolling* kapal terhadap distribusi tekanan cairan pada dinding tangki observasi.
- b. Memberikan analisis pengaruh efek *sloshing* terhadap peningkatan tekanan cairan pada dinding tangki observasi.
- c. Memberikan analisis pengaruh variasi *filling level* terhadap distribusi tekanan cairan pada dinding tangki observasi.

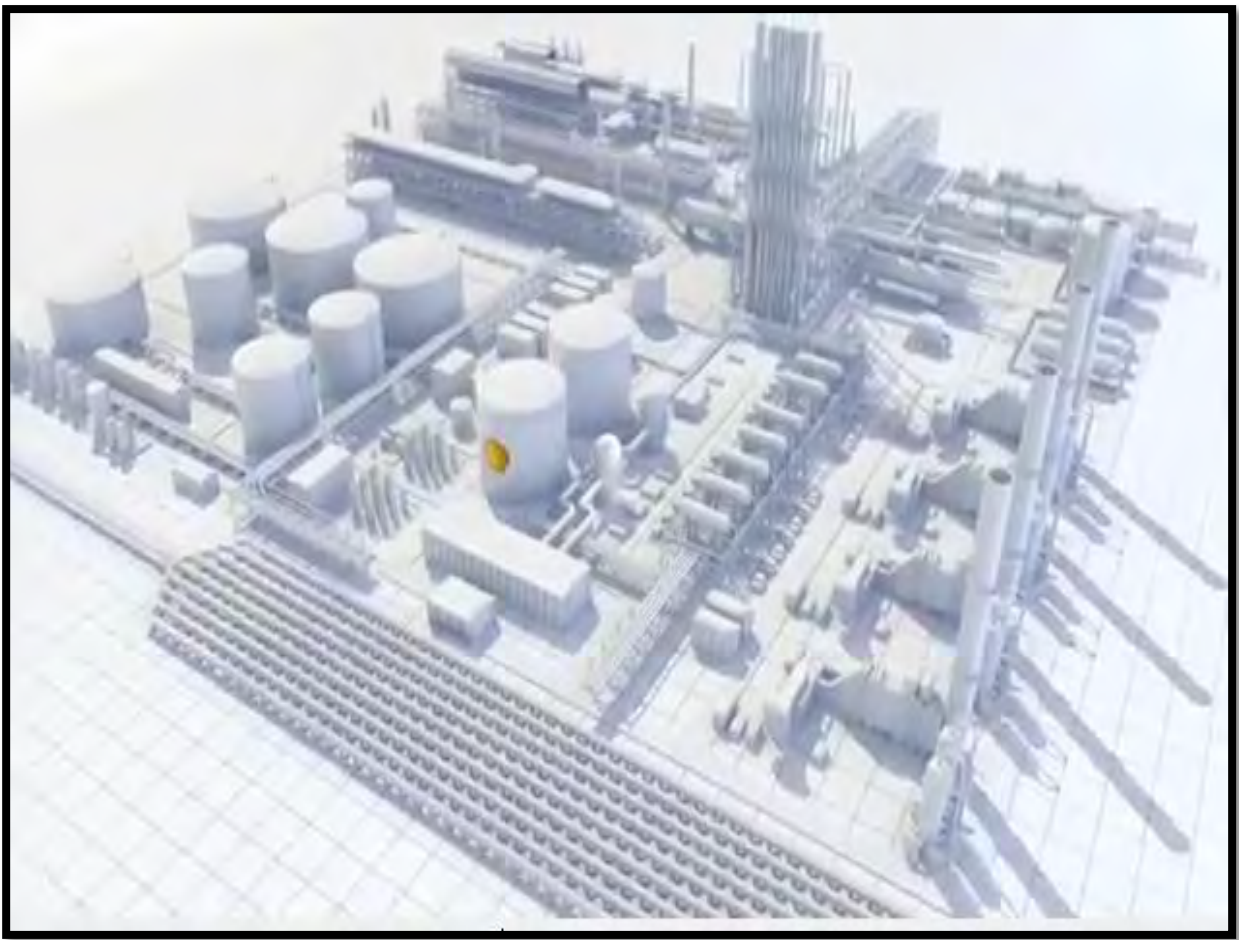
1.6 Hipotesis

Secara umum, diperkirakan tekanan terbesar yang dialami oleh dinding tangki penelitian terhadap efek gerakan adalah akan terjadi pada gerakan *rolling* kapal. Sedangkan untuk tinjauan berdasarkan variasi ketinggian *filling level*, tekanan statis terbesar diperkirakan akan dialami dinding tangki pada *filling level* sebesar 90% dan untuk tekanan dinamis akan terjadi pada *filling level* 50%.

BAB II STUDI LITERATUR

2.1 Karakteristik LNG

Liquified Natural Gas, atau yang biasa dikenal dengan LNG merupakan salah satu jenis hasil pengolahan gas alam yang mengubah dari fase gas menjadi fase cair (*liquid*) pada -163°C sehingga dapat mengurangi *specific volume* sebesar faktor 600. Metode-metode yang berkaitan dalam proses pengolahan gas alam menjadi bentuk LNG akan dijelaskan lebih detail pada sub-bab selanjutnya. LNG merupakan gas cair yang terdiri dari beberapa senyawa kimia kompleks, yaitu 87-90% metana, 8-9% etana dan 0.5-1% nitrogen. Sedangkan komponen lainnya seperti propana, butana, dan isobutana memiliki kandungan kurang dari 0.5% dari total senyawa pembentuk LNG. Komposisi senyawa tersebut dapat mempengaruhi efek *sloshing* yang ditimbulkan pada tangki muatan saat proses transportasi LNG sedang berlangsung.



Gambar 2.1 Ilustrasi LNG Plant Production oleh Shell Corp.

2.1.1 Viskositas

Viskositas atau kekentalan LNG menjadi suatu hal yang penting pada kasus *sloshing* untuk keadaan amplitudo eksitasi kecil dan pengisian cairan pada tangki yang tinggi. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Bass *et al* :

“viscous effects are secondary in the scaling of large amplitude nonlinear sloshing impact pressures”.

Pernyataan tersebut dapat diartikan bahwa efek viskositas dari suatu fluida merupakan parameter yang tidak terlalu esensial pada analisis tekanan tekanan untuk kasus nonlinier *sloshing* dengan simpangan amplitudo besar. Mengacu pada teori tersebut, maka pengaruh viskositas LNG terhadap analisis tekanan pada penelitian ini dapat ditiadakan.

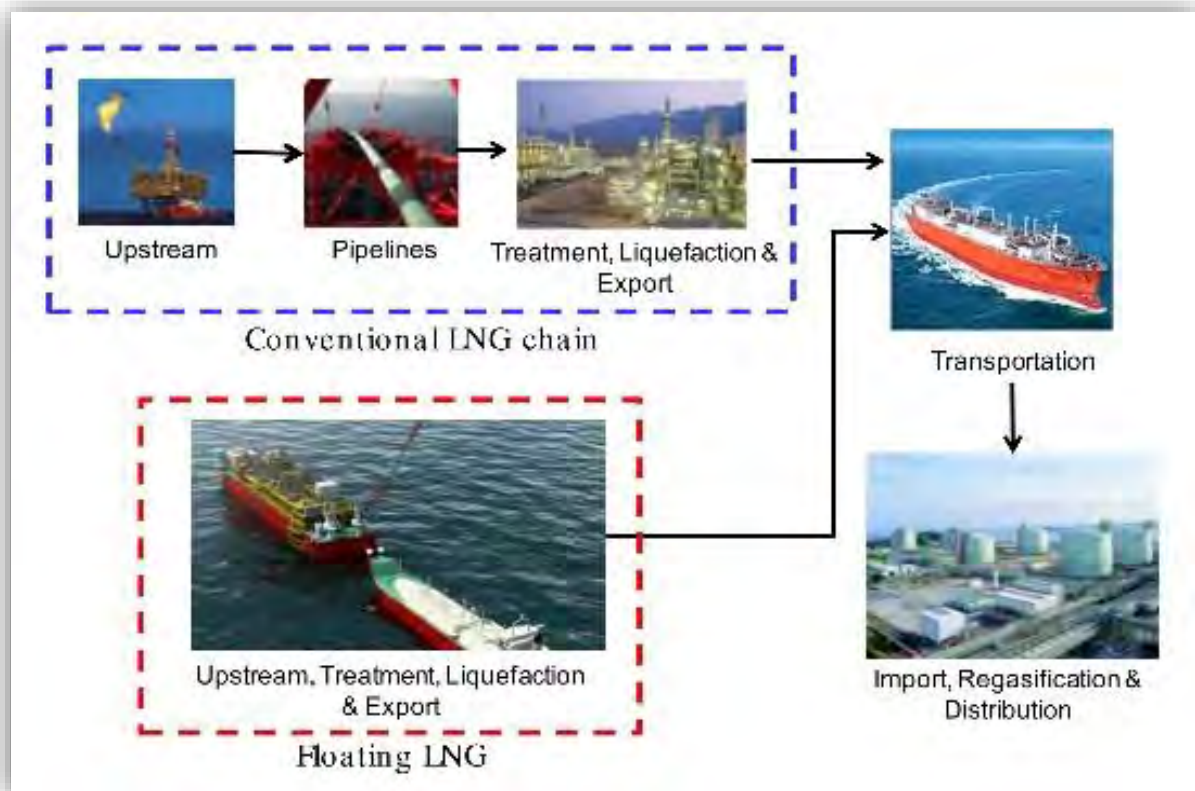
2.1.2 Filling Level

Karakteristik LNG yang memiliki tingkat kompleksitas yang tinggi seperti tingkat pendinginan dibawah suhu lingkungan, tingkat *flammability*, serta metode penyimpanan LNG mewajibkan pengguna, operator maupun pihak-pihak yang terlibat dalam proses transportasi LNG untuk memberlakukan peraturan khusus. Salah satu contohnya jika proses transportasi LNG menggunakan kapal diharuskan memenuhi persyaratan khusus yang mengatur konstruksi dan peralatan untuk kapal yang memuat gas dalam bentuk cair (*liquid*), persyaratan khusus tersebut terdapat didalam IGC code – *International Codes for the Construction and Equipment of Ships Carrying Liquefied Gas in Bulk*. Salah satu hal yang diatur dalam peraturan tersebut adalah batas pengisian muatan LNG atau yang sering disebut sebagai *filling level*, dimana secara umum IGC-Codes mengatur bahwa *filling level* tidak melebihi batas maksimum 98% dari ketinggian tangki, terdapat nilai pengurangan yang lebih besar untuk tangki dengan geometri yang berbentuk bola (*spherical*). Sedangkan untuk keperluan proses insulasi sebagai sistem pendinginan tangki ketika proses *unloading* selesai, *filling level* minimum dari media yang digunakan berkisar antara 10-15% dari ketinggian tangki LNG.

Filling level memiliki pengaruh pada tekanan statis dan frekuensi natural dalam kaitannya terhadap permasalahan *sloshing*. Hal tersebut juga akan mengakibatkan implikasi pada pemodelan *sloshing* menggunakan CFD, dimana model CFD harus dapat menunjukkan tingkat ketepatan besaran fluida primer pada sistem (Soren, 2014).

2.2 Kapal sebagai Moda Transportasi Liquefied Natural Gas (LNG)

Penggunaan gas alam secara global mengharuskan negara penghasil untuk menggunakan solusi transportasi yang tepat. Transportasi laut memiliki tingkat ekonomis yang tinggi untuk jarak distribusi pada kategori *trans-oceanic* atau ketika jalur perpipaan tidak memungkinkan untuk dibangun. Transportasi LNG menggunakan kapal telah dirintis sejak tahun 1950, diawali oleh kapal “*Methane Pioneer*” sebagai kapal bermuatan LNG pertama di dunia. Kapasitas muatan pun mengalami peningkatan mulai dari kapal “*Methane Pioneer*” yang berkapasitas 5,000 m³ sampai saat ini mencapai kapasitas 160,000 m³. Kapal qmax, dibangun untuk proyek LNG Qatar III memiliki kapasitas sebesar 266,000 m³. Seperti yang terlihat pada Gambar 2.2 adalah gambaran alur distribusi global produk LNG dengan sistem *marine transportation*.



Gambar 2.2 Pola Alur Distribusi LNG Dunia (Myung, 2013).

Dalam transportasi LNG dengan menggunakan kapal, pemilihan tangki ruang muat merupakan parameter kunci. Pemilihan jenis tangki ruang muat sangat dipengaruhi oleh kapasitas muatan serta kemampuan pihak pembangun kapal LNG. Sejak kemunculannya pada awal 1960an, telah banyak muncul jenis-jenis tangki dengan berbagai bentuk geometrinya.

Berikut adalah kategori umum dalam klasifikasi tangki muatan LNG berdasarkan geometrinya, yaitu :

1. Tangki *Moss-Rosenberg (Spherical)*.

Merupakan jenis tangki berbahan aluminium berbentuk bola yang didukung oleh konstruksi kapal. Desain tangki jenis ini memudahkan dalam perhitungan beban yang bekerja pada struktur kapal, namun interaksi jarak antara tangki dan lambung kapal tidak dapat dimanfaatkan secara efisien.

2. Tangki *Membrane*

Tipe jenis ini secara umum mengacu pada desain yang dikembangkan oleh *Technigaz Mk III dan Gaz Transport*. Tangki jenis ini memanfaatkan interaksi jarak antara tangki ruang muat dan lambung kapal secara lebih efisien, hal ini dikarenakan lambung sisi dalam terintegrasi dengan material untuk proses insulasi dan dinding tangki. Selain itu, tangki jenis ini juga dapat mengurangi berat akibat penambahan struktur tangki.

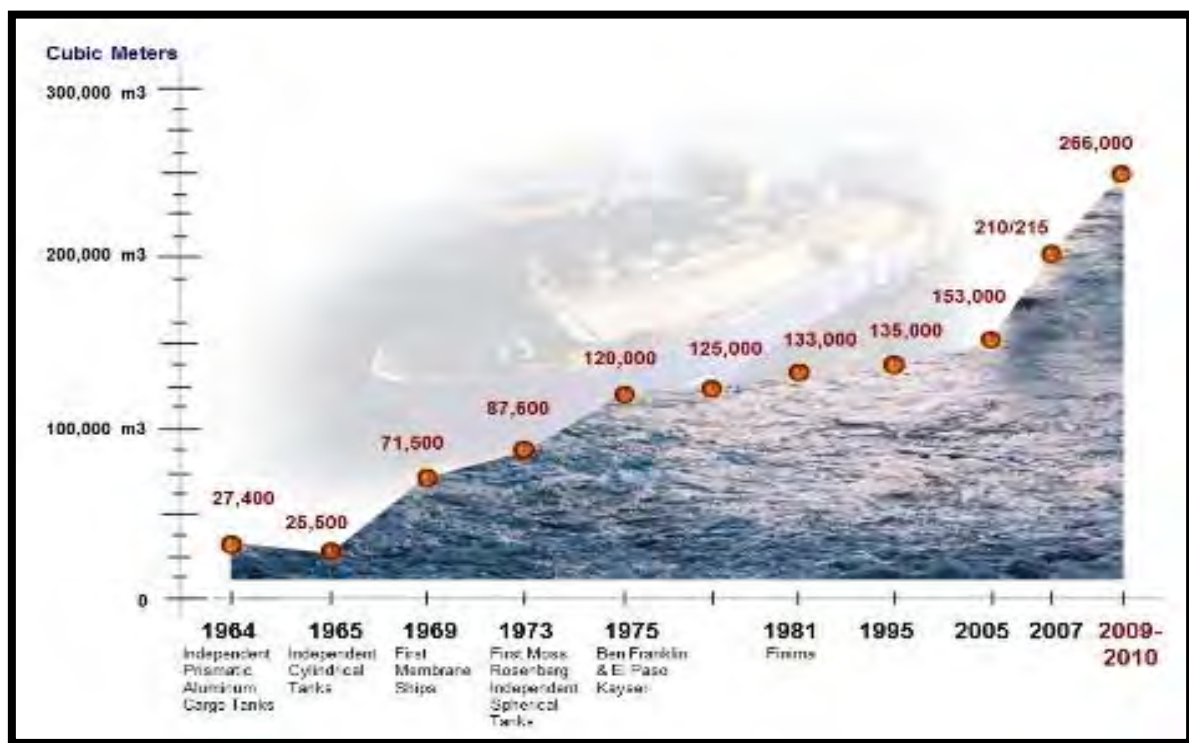
Setelah sempat mengalami masa lesu selama kurang lebih 2 dekade setelah periode kejayaannya pada tahun 1970-an, pasar LNG kembali mendapatkan suntikan dana besar dari investor dalam kurun waktu sepuluh tahun terakhir. *Royal Dutch Shell* memperkirakan market LNG mengalami kenaikan sebesar pertumbuhan pasar *petroleum* pada 2025 yang diiringi dengan pertumbuhan tenaga pembangkit dan industri. Dimulainya pembangunan LNG di Qatar dan Sakhalin, dibutuhkan pula kenaikan akan kemampuan kapal LNG dan kapasitas ukurannya. Terlebih lagi, pada 2005 pemerintah Rusia memberikan penggambaran yang cukup menghebohkan tentang kekurangan dari transportasi LNG dengan pipa ketika terjadi pertentangan dengan Ukraina akibat kenaikan biaya pembangunan sarana transportasi LNG. Russia menghentikan pasokan gas dan menyebabkan negara-negara Eropa Barat memberlakukan proporsi pasokan gas yang cukup besar dari Rusia untuk menggantikan kekurangan permintaan sebesar 30%. Hal tersebut akhirnya melatarbelakangi aturan energi Eropa untuk merubah kebijakannya, untuk lebih meningkatkan penggunaan kapal sebagai transportasi utama LNG.

Dewasa ini penghasil komoditi gas tengah bersaing untuk menghadapi tantangan pasar global dari segi perencanaan desain kapal LNG, yaitu :

1. Permintaan terkait kapasitas kapal LNG terhadap variasi ukuran tangki ruang muat. Kapasitas pembangunan kapal LNG mencapai ukuran 250,000 m³. Rantai transportasi dan produksi LNG, yang biasa disebut transportasi LNG, telah mengalami kenaikan

permintaan akan daya tampung yang besar, sehingga memerlukan ukuran kapal LNG yang lebih besar.

2. Variasi *Filling Levels*. Kondisi ini dilatarbelakangi oleh pola distribusi LNG, kapal LNG telah dibangun untuk kondisi pelayaran yang tetap. Pasar global pada era ini menuntut pola distribusi yang lebih fleksibel. Maka, perusahaan penyedia energi mencari peluang terkait dengan variasi harga lokal. Gambar 2.3 menunjukkan perkembangan ukuran kapasitas tangki LNG dari tahun ke tahun :



Gambar 2.3 Grafik Perkembangan Ukuran kapal LNG (Delpizzo, 2014).

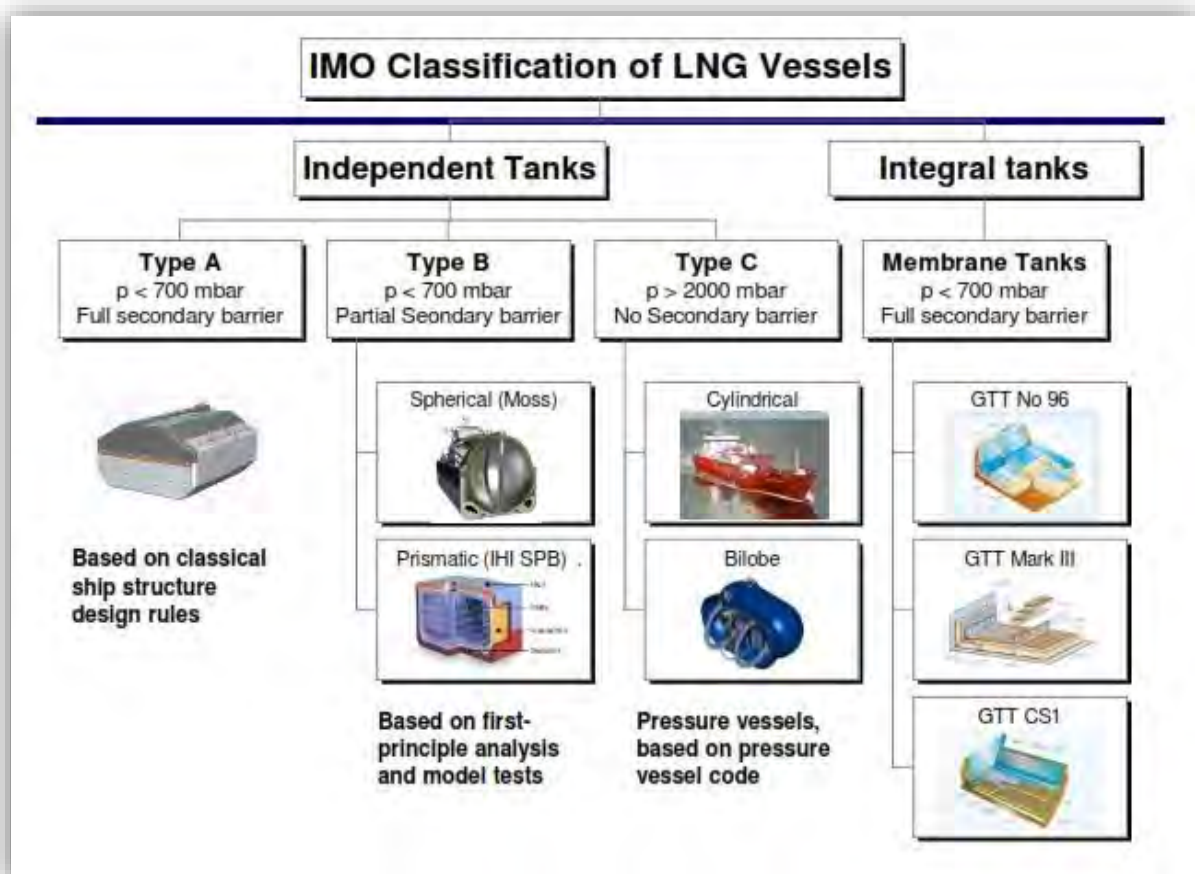
2.3 Klasifikasi Kapal LNG

Pengklasifikasian *gas carriers* oleh IMO dibagi kedalam beberapa tipe seperti kategori *gas carriers* berdasarkan ukuran (kapasitas) tangki ruang muat, berdasarkan perlakuan pada proses pengubahan menjadi fase *liquid* terhadap muatan, berdasarkan tingkat bahaya dari muatan yang dibawa. Pada klasifikasi *gas carriers* dengan muatan berjenis LNG atau yang kemudian disebut *LNG carriers*, metode klasifikasi berdasarkan bentuk geometri tangki juga mencakup kategori kapal LNG berdasarkan kapasitas tangki ruang muat dari kapal LNG, sebagai contohnya adalah jika suatu kapal LNG menggunakan tangki ruang muat tipe *bilobe* secara umum maka kapal tersebut juga termasuk dalam kategori *small LNG carriers*, dikarenakan pada umumnya kapasitas tangki jenis *bilobe* adalah berukuran kurang dari 10,000 m³. Dalam *IGC Codes*-

International Codes for the Construction and Equipment of Ships Carrying Liquefied Gas in Bulk, IMO mengkategorikan kapal LNG berdasarkan jenis tangki ruang muatnya kedalam empat kategori utama, yaitu :

- *Integrated Tanks*
- *Membrane Tanks*
- *Semi-Membrane Tanks*
- *Independent Tanks; type A, B, and C*

Karakteristik dari *integrated*, *membrane* dan *semi-membrane tanks* adalah memiliki interaksi secara langsung dengan lambung kapal, sehingga dapat menyalurkan tekanan statis dalam bentuk tekanan dalam tangki terhadap lambung kapal disekitar tangki ruang muat ketika diisi dengan muatan. *Independent tanks* hanya menyalurkan berat dari muatan di dalam tangki ruang muat dan struktur tangki, namun tidak menyalurkan tekanan statis. Bagan klasifikasi kapal LNG oleh IMO akan dijelaskan seperti pada Gambar 2.4 dibawah ini :



Gambar 2.4 Klasifikasi kapal LNG menurut IMO (Delpizzo, 2014).

2.3.1 *Independent Tanks Type C*

Tangki ruang muat terpisah (*Independent Cargo Compartment*) adalah jenis tangki ruang muat yang tidak menyalurkan tekanan sebagai pembebanan pada lambung kapal ketika diisi muatan. Sehingga, hanya berat tangki & berat muatan yang disalurkan terhadap lambung kapal. Tangki ruang muat didesain sedemikian hingga mencegah tangki dari pergeseran baik kedepan maupun ke belakang atau ke sisi samping kanan dan kiri serta ke atas dan ke bawah. Tangki ruang muat terpisah terbagi kedalam 3 tipe : A, B, dan C. Pengklasifikasian ini didasarkan pada toleransi maksimum tangki dan penggunaan dari dinding pemisah. Tangki tipe A memiliki karakteristik kekuatan yang paling lemah, dan mewajibkan penggunaan dinding pemisah secara penuh. Tangki tipe B memiliki kekuatan yang lebih baik daripada tangki tipe A, dan hanya memerlukan pemakaian dinding pemisah secara tidak menyeluruh. Tangki tipe C adalah jenis tangki bertekanan tanpa penggunaan dinding pemisah, Gambar 2.5 merupakan salah satu contoh tangki tipe C dengan geometri *Bilobe*:



Gambar 2.5 Tangki Jenis *Bilobe* terbesar di dunia ($9,686 \text{ m}^3$) oleh Denmark's Evergas (Delpizzo, 2014).

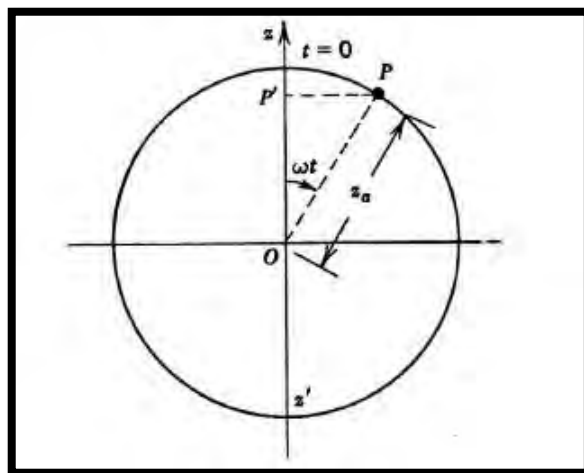
Tangki *Independent* tipe C merupakan *spherical tanks* maupun *cylindrical tanks* dengan kapasitas tangki antara 300 m³ hingga 2500 m³. Tangki jenis ini pada umumnya terbuat dari *carbon manganese steel*, 2-5% *nickel steel* atau *acid-proof stainless steel*. Tangki jenis ini juga memiliki tingkat keamanan yang tinggi, sehingga tidak membutuhkan penggunaan dinding pemisah. Tangki jenis ini pada umumnya digunakan untuk kapal *gas carriers* dengan kondisi muatan adalah *fully-pressurised* dan *semi-pressurised*.

2.4 Teori Gelombang

Teori gelombang diawali dengan konsep yang paling mudah dipahami, yaitu gerak harmonis sederhana atau yang secara umum dikenal dengan *Simple Harmonic Motion*, yang merupakan penyederhanaan dari teori gerak harmonis yang pada umumnya merupakan fenomena yang kompleks. Dalam kasus gerak harmonis sederhana, ketika suatu benda dirubah keadaannya dari posisi keseimbangannya, maka gaya yang menjadi satu kesatuan dengan benda tersebut akan memiliki kecenderungan untuk mengembalikan benda ke posisi keseimbangannya. Gaya yang bekerja tersebut adalah *restoring force* atau gaya pengembali. Jika tidak ada gaya hambat atau *damping* ketika suatu benda berosilasi, benda akan berosilasi tak hingga, dan nilai perpindahan maksimum pada osilasi tersebut akan konstan. Waktu yang dibutuhkan untuk mencapai titik maksimum dari sisi satu ke sisi yang lainnya disebut periode gerakan.

2.4.1 Formulasi Gerak Harmonis Sederhana

Jika suatu titik diasumsikan bergerak mengikuti keliling suatu lingkaran dengan kecepatan yang beragam, gerakan dari proyeksi titik tadi terhadap diameter lingkaran dapat didefinisikan sebagai gerak harmonis sederhana.



Gambar 2.6 Ilustrasi Gerak Harmonis Sederhana.

Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.6, bahwa titik P bergerak sepanjang keliling lingkaran dengan radius z_a . Jika P bergerak dengan kecepatan sudut yang konstan sebesar ω radian per satuan waktu, P' adalah proyeksi dari titik P pada diameter lingkaran zz' . Ketika P berputar sepanjang keliling lingkaran, P' bergerak dari z menuju z' dan terus menuju z . Gerakan dari P' merupakan gerak harmonis sederhana, adapun rumusannya yaitu :

- Jarak titik P' diukur dari $O = OP'$

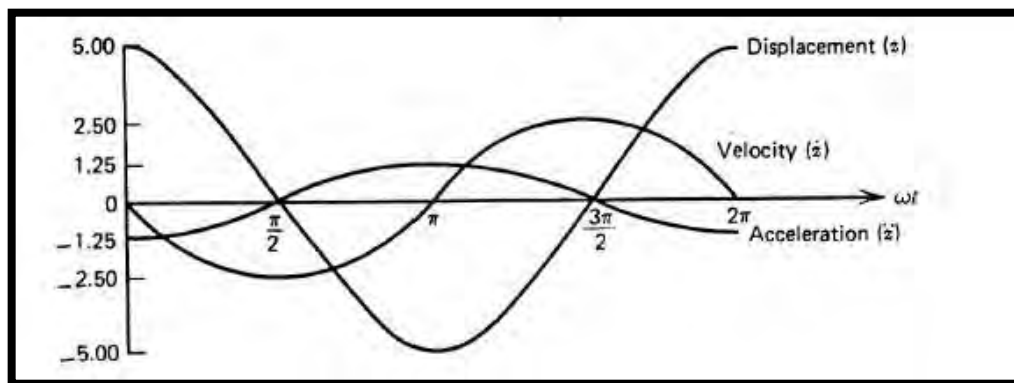
$$z = z_a * \cos \omega t \quad (2.1)$$

- Kecepatan dari P'

$$\frac{dz}{dt} = -z_a * \omega \sin \omega t \quad (2.2)$$

- Percepatan dari P'

$$\frac{d^2z}{dt^2} = -z_a * \omega^2 \cos \omega t \quad (2.3)$$



Gambar 2.7 Karakteristik pada Gerak Harmonis Sederhana.

Gambar 2.7 menunjukkan karakteristik jarak, kecepatan dan percepatan pada gerak harmonis sederhana. Amplitudo bernilai P' , jarak maksimum terhadap pusat adalah z_a . Periode gerakan, waktu yang dibutuhkan oleh P' untuk mencapai z' dari z dan kembali lagi menuju z , memiliki kesamaan dengan waktu yang dibutuhkan oleh P untuk berotasi secara penuh adalah :

$$T = \frac{2\pi z_a}{\omega z_a} = \frac{2\pi}{\omega} \quad (2.4)$$

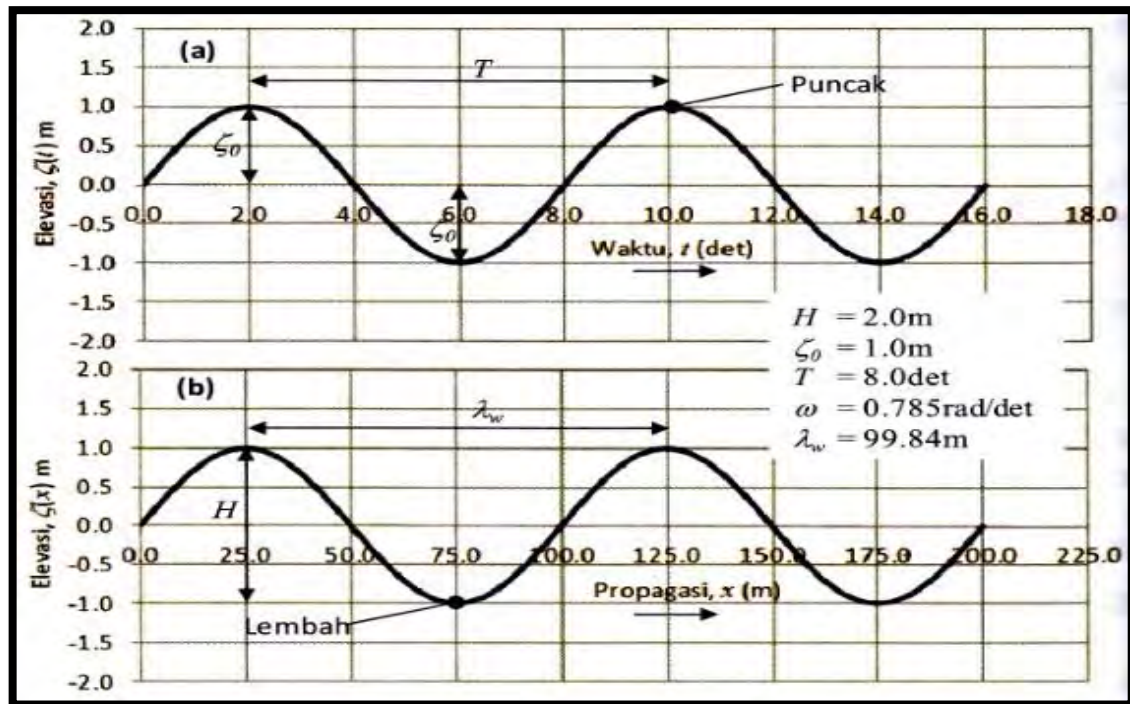
Dimana :

$$\text{Frekuensi} = \frac{1}{T} \quad (2.5)$$

$$\text{Frekuensi sudut} = \omega = \frac{2\pi}{T} \quad (2.6)$$

2.4.2 Gelombang Sinusoidal

Gelombang air ideal merupakan salah satu contoh dari kurva sinusoidal yang sangat jarang ditemui dalam kehidupan sehari-hari, kecuali dalam tangki percobaan yang memiliki *water-maker* yang dapat menghasilkan amplitudo gelombang yang konstan. Adapun karakteristik dari gelombang sinusoidal (Bhattacharyya, 1978) antara lain :



Gambar 2.8 Representasi Gelombang Sinusoidal.

- Puncak Gelombang (*Crest*) adalah titik dimana permukaan air berada pada elevasi tertinggi.
- Lembah Gelombang (*Trough*) adalah titik dimana permukaan air berada pada elevasi terendah.
- Garis Datum adalah Garis datar permukaan air (diambil secara statistik) pada waktu air tenang.
- Elevasi Gelombang (ζ) adalah Jarak suatu titik pada permukaan gelombang dengan garis datum pada suatu waktu tertentu.
- Amplitudo Gelombang (ζ_w) adalah Garis vertikal antara titik tertinggi atau titik terendah dengan garis datum.
- Panjang Gelombang (λ) adalah Jarak dari puncak (lembah) gelombang dengan puncak (lembah) gelombang berikutnya.

- g. Kecepatan Gelombang (V) adalah perubahan jarak yang ditempuh suatu titik per satuan waktu.
- h. Percepatan gelombang (V') adalah perubahan kecepatan gelombang itu sendiri per satuan waktu.
- i. Frekuensi Gelombang (ω) adalah Banyaknya puncak (lembah) gelombang yang dilalui oleh suatu titik per satuan waktu.

2.5 Respon Gerakan Kapal di Gelombang

Nilai periode absolut pada gelombang yang telah dijelaskan pada sub-bab 2.4, bisa jadi tidak sama dengan gelombang yang mengalami perubahan akibat kapal yang sedang berlayar. Arah hadap kapal yang berlawanan dengan arah datangnya gelombang (*head sea*) akan mengakibatkan datangnya gelombang yang berturut-turut menjadi lebih cepat dan gelombang akan memiliki periode yang lebih pendek. Sebaliknya, jika kapal bergerak pada kondisi *following sea* (kapal searah dengan datangnya gelombang) akan semakin menjauh dari gelombang, dan memiliki periode yang lebih panjang. Jika gelombang datang dari salah satu sisi kapal, maka tidak akan ada perbedaan antara periode gelombang dengan periode yang dialami oleh kapal. Periode tersebut secara umum disebut sebagai periode *encountering*, yang akan dijelaskan lebih lanjut pada sub-bab 2.5.6

2.5.1 Olah Gerak Kapal dalam 6-Derajat Kebebasan

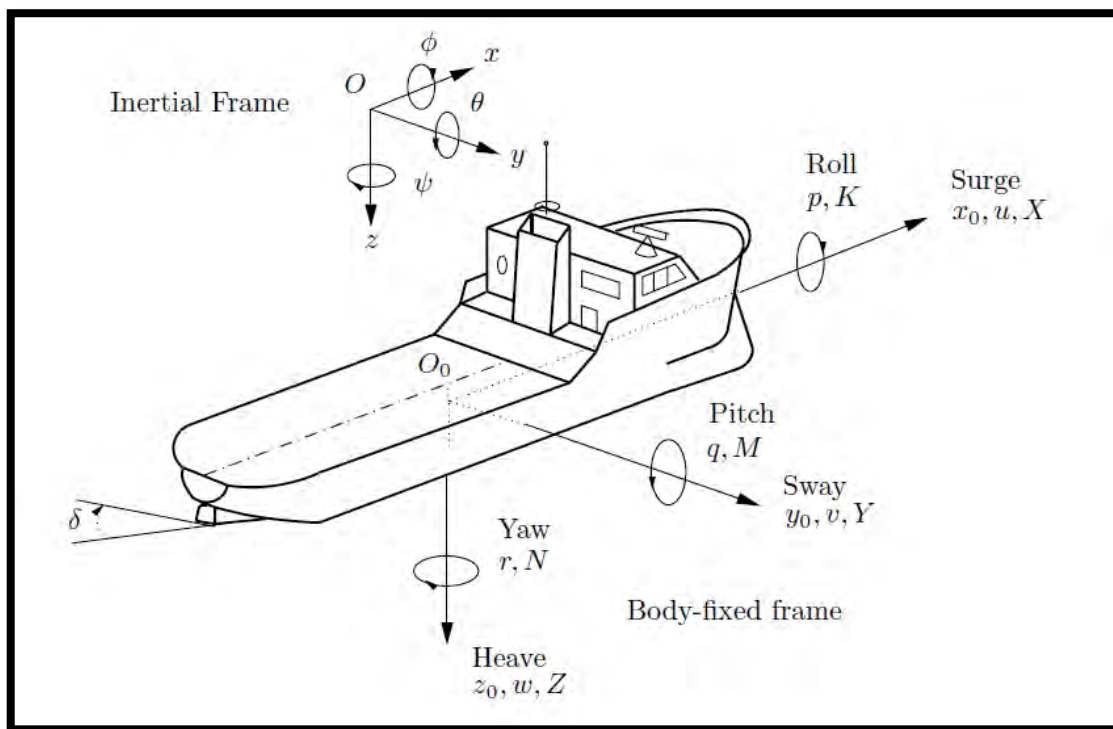
Olah gerak kapal pada gelombang yang kompleks hanya dapat dianalisa dan dipelajari dengan membagi menjadi beberapa komponen gerakan. Metode pembagian komponen yang pertama adalah komponen gerakan translasi, yaitu *surging* terhadap sumbu- X , *swaying* terhadap sumbu lateral- Y , *heaving* terhadap sumbu vertikal- Z . Secara berurutan terhadap sumbu yang sama adalah gerakan rotasi, yaitu *rolling*, *pitching*, *yawing*. Pada Tabel 2.1 ditunjukkan mode enam (6) derajat kebebasan kapal :

Tabel 2.1 Enam (6) Mode Derajat Kebebasan Gerakan Kapal.

| Nama Gerakan | Model | Sumbu Positif | Simbol |
|--------------|-----------|----------------------|--------|
| <i>Surge</i> | Translasi | Ke-Depan | X |
| <i>Sway</i> | | Ke- <i>Starboard</i> | Y |
| <i>Heave</i> | | Ke-Atas | Z |

| | | | |
|--------------|--------|-----------------------|----------|
| <i>Roll</i> | Rotasi | <i>Starboard Down</i> | ϕ |
| <i>Pitch</i> | | <i>Bow up</i> | θ |
| <i>Yaw</i> | | <i>Bow to Port</i> | χ |

Meskipun telah membagi olah gerak kapal yang rumit kedalam 6 komponen tersebut diatas, pada prinsipnya untuk dapat menjelaskan secara lengkap mengenai permasalahan olah gerak kapal yang rumit, pada analisis teoritis terhadap olah gerak kapal tetap masih membutuhkan penyederhanaan terhadap permasalahannya. Pertama-tama, dengan mengasumsikan bahwa perilaku olah gerak kapal berada dalam kondisi gelombang harmonis sederhana (*regular waves*). Selanjutnya, menganalisis perilaku kapal dalam gelombang acak yang sesuai dengan kondisi pelayaran (*irregukar waves*), yang merupakan suatu representasi dari komponen gelombang regular dengan jumlah yang sangat besar, sehingga dapat diambil hasil akhir sebagai respons kapal dalam gelombang acak (Perez & Blanke, 2002).



Gambar 2.9 Notasi Umum dan Konvensi Simbol terhadap Deskripsi Olah Gerak Kapal (SNAME, 1950).

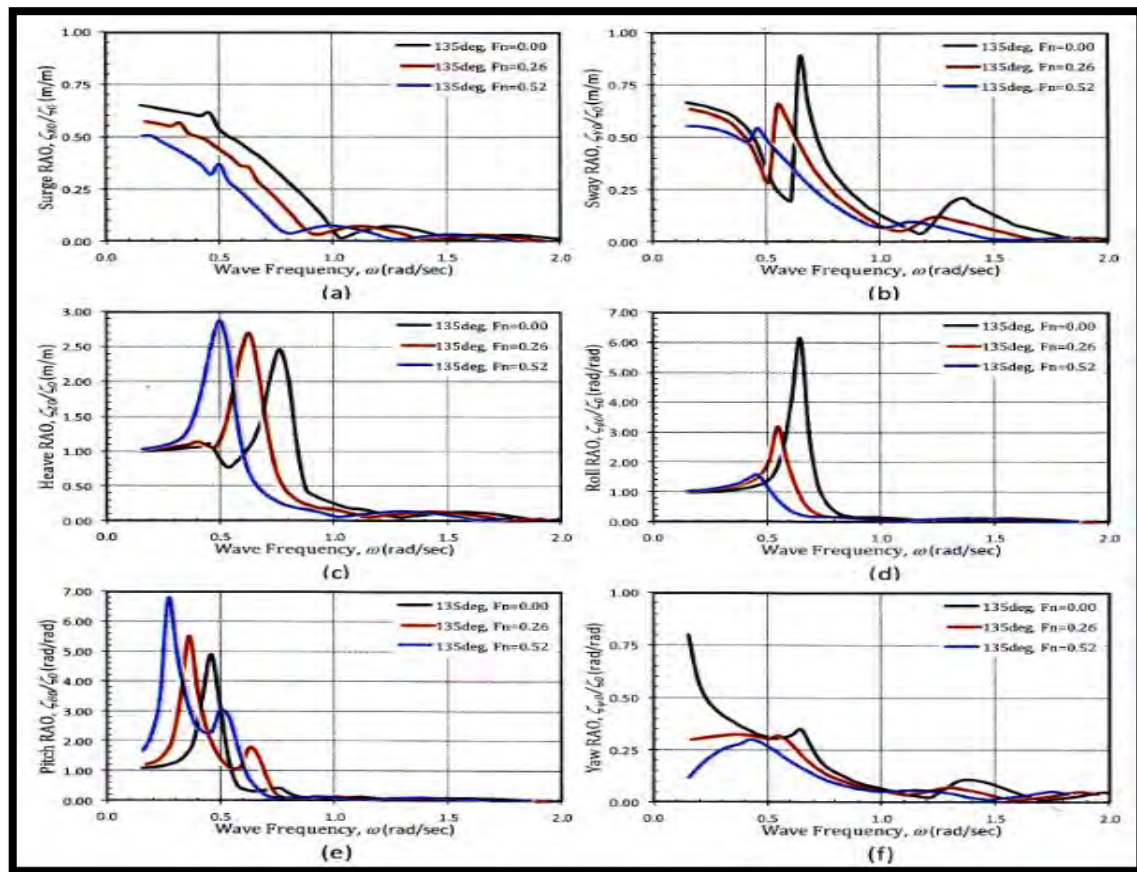
Dari keenam mode olah gerak kapal, hanya tiga gerakan (*heaving, rolling, pitching*) yang merupakan gerakan osilasi alami, ketiga jenis olah gerak kapal tersebut bekerja karena pengaruh gaya atau momen akibat gelombang yang mempengaruhi kapal dari posisi keseimbangan

awalnya. Pada mode olah gerak *surgings*, *swaying*, dan *yawing*, kapal tidak akan kembali ke posisi kesetimbangan awalnya meskipun gaya yang mempengaruhi atau momen yang mengakibatkan olah gerak kapal bekerja dari arah yang berlawanan dengan arah hadap kapal. Meskipun pada kenyataannya olah gerak kapal dalam 6 mode gerakan kapal bekerja sebagai satu kesatuan, hanya satu gerakan pada satu waktu yang akan dianalisa pada penelitian ini.

Segera sesudah spektra gelombang *encounter* telah diketahui, maka hal tersebut dipakai sebagai acuan dengan pengaruhnya terhadap olah gerak kapal. Untuk dapat melakukan hal tersebut, ada dua pendekatan yang telah dipakai secara umum dalam pemecahan permasalahan dinamika kapal. Kedua metode tersebut mengacu pada asumsi untuk menyederhanakan permasalahan, yaitu bahwa respon olah gerak kapal adalah linier dengan amplitudo gelombang pada kasus gelombang reguler. Metode pertama merupakan pendekatan terhadap gaya dan momen yang dihasilkan oleh tiap-tiap komponen reguler menggunakan rumusan untuk *rectangular parallelepiped* dan memasukkan rumusan tersebut kedalam persamaan olah gerak seperti yang telah diajukan oleh Källström (1979). Metode kedua yang dipakai adalah metode yang biasa disebut dengan *Response Amplitude Operator* (RAO) dan menggunakan hubungan antara elevasi gelombang terhadap olah gerak kapal yang akan ditinjau. Metode ini mengintegrasikan antara gaya dan momen pada luasan yang dikenai gelombang sebagai dasar perhitungan beban, bentuk dari lambung dan kondisi pelayaran. Dewasa ini telah diperoleh kesimpulan bahwa metode kedua memiliki hasil pendekatan respon dari olah gerak kapal yang lebih akurat daripada metode pertama. Metode kedua atau yang umum disebut dengan RAO akan dijelaskan lebih detail pada sub-bab 2.5.7

2.5.2 Sway

Pada banyak penelitian dan literatur yang ada, mode gerakan *sway* memiliki efek yang tidak terlalu signifikan pada proses analisa olah gerak bangunan apung, baik pada bangunan apung stasioner (tak bergerak) maupun pada analisa olah gerak bangunan apung melaju. Namun, hal tersebut tidak senantiasa meniadakan efek pengaruh dari gerakan ini. Karakteristik kurva respons bangunan apung pada mode tanpa kekakuan, yakni *surge*, *sway*, *yaw* tidaklah akan mempunyai bagian yang melonjak secara tajam (memiliki respons yang tinggi) akibat resonansi, bilapun ada kenaikan yang tajam pada bagian tertentu, maka hal tersebut adalah sebagai efek kopel dengan gerakan lainnya (Djarmiko, 2012). Gambar 2.10 menunjukkan bahwa pada olah gerak kapal tanpa mode kekakuan (*surge*, *sway*, dan *yaw*) tidak memiliki respon yang melonjak tajam, jikapun ada kenaikan tajam hal tersebut merupakan efek kopel dengan gerakan lain.



Gambar 2.10 Grafik Perbandingan RAO Bangunan Apung Melaju (Djatkiko, 2012).

2.5.3 Heave

Gerakan *heaving* merupakan gerakan osilasi naik turun pada kapal. Sebagai contoh gambarannya, kita anggap bahwa sebuah kapal turun lebih dalam ke dalam air dari posisi kesetimbangan dan kemudian tiba-tiba dilepaskan. Sehingga gaya apung yang kemudian menjadi lebih besar dari berat kapal tersebut. Saat itu kapal akan bergerak vertikal ke atas dari posisi kesetimbangannya, sampai kapal terus bergerak naik karena momentumnya. Namun setelah beberapa saat hal itu terjadi berat badan kapal akan menjadi lebih besar dari gaya apung. Hal ini akan cenderung memperlambat gerakan naik tersebut. Ketika kecepatan akhirnya nol, kapal mencapai posisi ekstrim. Disaat itu karena beratnya lebih besar dari gaya apung kapal akan bergerak vertikal kembali ke bawah. Kecepatan ke bawah akan meningkat sampai posisi kesetimbangan tercapai saat daya apung bertambah menjadi sama dengan gaya berat. Namun, karena momentum kapal akan bergerak lebih jauh ke bawah sampai posisi ekstrim tercapai, yaitu posisi dimana kapal mulai bergerak ke arah sebaliknya. Tapi kapal tidak akan berhenti begitu saja karena timbal balik dari gaya - gaya yang terjadi. Hal inilah yang membuat gerakan osilasi sederhana terjadi. Gerak osilasi yang dikenal sebagai gerakan naik-turun, akan berlanjut tanpa

henti jika tidak ada gaya redaman yang muncul dalam arah yang berlawanan gerak. Gerakan ini dikenal sebagai gerakan osilasi bebas. Namun jika ada redaman, gerakan tersebut disebut osilasi teredam.

Dalam kasus osilasi bebas, perbedaan perpindahan kapal ke posisi ekstrim atasnya dari posisi kesetimbangan adalah sama besarnya dengan perbedaan perpindahan dari posisi kesetimbangan ke posisi ekstrem terendah. Besarnya ini dikenal sebagai amplitudo gerakan *heaving*. Waktu yang diperlukan untuk satu siklus lengkap gerak disebut periode *heaving*, sehingga gerakan *heaving* menjadi gerak harmonik sederhana. Karena periode osilasi tersebut merupakan gerakan independen dari amplitudonya, sehingga dikenal sebagai *natural period*. Frekuensi gerakan tersebut juga disebut frekuensi natural kapal.

Namun, ketika ada redaman, amplitudo gerakan naik-turun secara bertahap menurun sampai kapal akhirnya berhenti di posisi kesetimbangan. Periode akan sedikit lebih besar dalam kasus osilasi teredam. Sekarang anggaplah bahwa kapal sedang terombang-ambing vertikal naik dan turun dengan kekuatan fluktuasi pada periode natural. Tetapi karena redaman, penyimpangan segera hilang dan osilasi *steady-state* berlangsung mereka ini dikenal sebagai tiga gaya osilasi, di mana amplitudo dan frekuensi gerak bergantung pada amplitudo dan frekuensi dari gaya yang menariknya. Redaman juga akan mempengaruhi amplitudo gaya osilasi. Secara umum, persamaan gerakan bangunan umum dapat dirumuskan sebagai berikut (Bhattacharyya, 1978) :

$$F(y) = A\ddot{Z} + B\dot{Z} + CZ \quad (2.7)$$

Sehingga jika dalam kasus mode gerakan *heaving*, berikut adalah empat komponen utama yang dapat diuraikan dari pers. (2.7) diatas adalah (Bhattacharyya, 1978) :

1. Gaya inersia, dimana saat kapal mengalami gerakan osilasi, seperti yang dirumuskan sebagai berikut :

$$F_1(y) = -a * \ddot{z} \quad (2.8)$$

Dimana, a adalah virtual mass atau massa kapal ditambah dengan *added mass* dan $\ddot{z} = d^2z/d^2t$ adalah percepatan vertikal. Besarnya *added mass* adalah :

$$A_n = C * \frac{\rho * \pi * \beta_n}{8} \quad (2.9)$$

2. *Damping force*, merupakan gaya yang selalu menghambat osilasi model, seperti persamaan berikut :

$$F_o(y) = B * \dot{Z} \quad (2.10)$$

3. Restoring Force atau konstanta *spring*, dimana selalu membawa kapal kepada keadaan yang konstan :

$$F_2(y) = C.Z \quad (2.11)$$

Dimana C adalah konstanta restoring atau pengembali dan Z adalah displasemen kapal pada pusat gravitasi (CG) dari kapal. Besar koefisien *restoring force* adalah $C = pgA_{wp}$ (A adalah beban pada bidang garis air).

4. *Exciting Force* atau *encountering force*, yang mana bekerja pada massa kapal, yaitu :

$$F = F_o * \cos \omega_e * t \quad (2.12)$$

Dimana F_o adalah *amplitude of encountering*, ω_e adalah *circular frequency of the encountering force*, dan t adalah waktu.

2.5.4 Roll

Persamaan matematis dari gerakan *rolling* analog dengan dengan gerakan *pitching* seperti dijabarkan sebagai berikut :

$$a \frac{d^2\phi}{dt^2} + b \frac{d\phi}{dt} + c\phi = M_o \cos \omega_e t \quad (2.13)$$

Dimana, $a(d^2\phi/dt^2)$ adalah momen Inersia, a merupakan *virtual mass moment* dari inersia untuk gerakan *rolling* dan $d^2\phi/dt^2$ adalah percepatan angular dari gerakan *rolling*. Sedangkan, $b(d\phi/dt)$ merupakan *damping moment*, b merupakan koefisien *damping moment* dan $d\phi/dt$ kecepatan sudut.

Sebagai penyederhanaan kasus, *damping moment* didasarkan pada asumsi bahwa linear dengan kecepatan sudut $d\phi/dt$. Besaran koefisien $c\phi$ pada pers. (2.13) adalah momen pengembali, dimana c adalah koefisien momen, dan ϕ adalah perpindahan gerakan *rolling* dalam sudut atau radian.

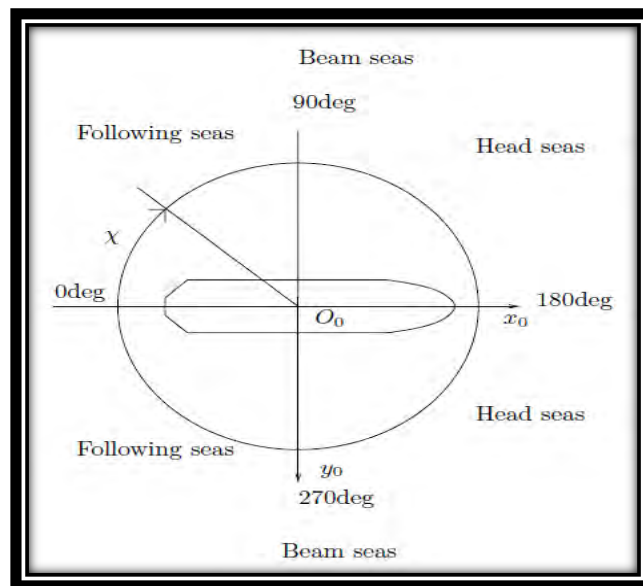
Pada kasus olah gerak *rolling*, fluktuasi besaran *exciting moment* $M_o * \cos \omega_e$ bergantung pada frekuensi gelombang papasan ω_e . Jika sekarang semua koefisien telah disesuaikan dengan mode gerak *rolling*, maka olah gerak *rolling* dari kapal dapat ditentukan (Rameswar, 1978).

2.5.5 Arah Gelombang

Pada saat bangunan laut berada pada lokasi operasinya, baik dalam mode stasioner maupun dalam kondisi melaju dengan kecepatan tertentu maka bangunan laut akan menghadapi gelombang yang dapat saja berpropagasi dari berbagai arah. Dalam hal permasalahan olah gerak

kapal, arah eksitasi gelombang akan mempunyai dampak intensitas gerakan yang berbeda-beda dalam 6-derajat kebebasannya.

Dari banyak referensi mengenai teori gerakan bangunan laut dapat disimpulkan suatu konvensi umum, bahwa arah gelombang (μ) didefinisikan sebagai sudut antara propagasi gelombang dengan arah laju kapal. Selanjutnya, arah gelombang μ sebesar 0° ditetapkan bila arah datangnya gelombang searah dengan melajunya kapal. Sebaliknya, jika arah propagasi gelombang berlawanan dengan arah datangnya gelombang, maka $\mu = 180^\circ$. Dengan kata lain bahwa $\mu = 0^\circ$ adalah gelombang yang datangnya dari arah buritan kapal, sedangkan $\mu = 180^\circ$ adalah gelombang yang datangnya dari arah haluan kapal. Sehingga didapat asumsi lainnya bahwa $\mu = 90^\circ$ dan $\mu = 270^\circ$ adalah jika datangnya gelombang datang dari sisi kapal (Djarmiko, 2012).



Gambar 2.11 Definisi Sudut Hadap Kapal terhadap Arah Gelombang.

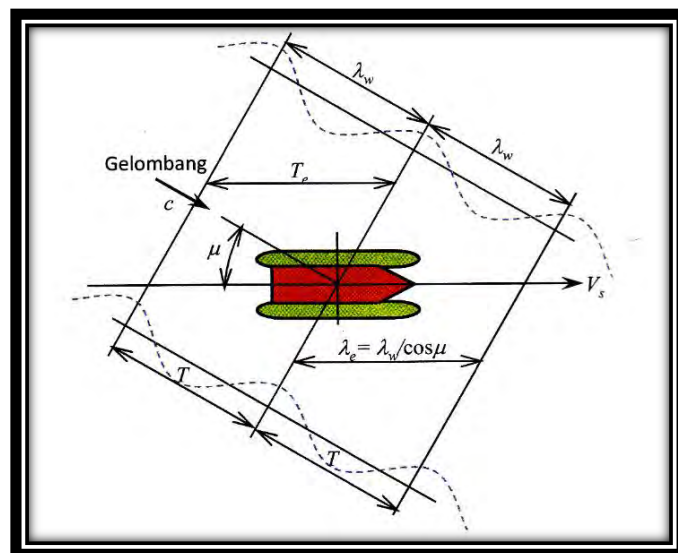
Lebih lanjut, untuk lengkapnya adalah istilah yang lazim digunakan untuk menjelaskan arah gelombang datang. Pertama, gelombang yang mempunyai arah $\mu = 0^\circ$ disitilahkan sebagai *following seas* atau *following waves*, yang merupakan gelombang buritan. Agar diperhatikan, pemilihan kata *seas* dan *waves* keduanya dapat dinyatakan sebagai gelombang. Kedua, gelombang yang mempunyai nilai $\mu = 180^\circ$ diistilahkan sebagai *head seas* atau gelombang haluan. Ketiga, gelombang yang mempunyai nilai $\mu = 90^\circ$ dan $\mu = 270^\circ$ diistilahkan sebagai *beam seas* atau gelombang sisi. Perlu dicatat bahwa gelombang dengan nilai $\mu = 90^\circ$ adalah gelombang yang datang dari arah sisi kiri kapal (*portside*), sedangkan arah gelombang yang

mempunyai nilai $\mu = 270^\circ$ adalah gelombang yang datang dari arah sisi kanan kapal (*starboard*). Jenis-jenis arah gelombang yang lain adalah arah gelombang yang datang secara menyilang terhadap laju kapal, namun tidak dibahas lebih lanjut dalam penelitian kali ini.

2.5.6 Frekuensi Gelombang Papasan

Frekuensi gelombang merupakan salah satu faktor penting yang mempengaruhi perilaku bangunan apung yang bergerak, salah satunya adalah kapal. Hal tersebut dikarenakan oleh adanya perubahan frekuensi pada nilai tertentu akan menimbulkan kondisi resonansi atau magnifikasi respons. Perubahan frekuensi ini tidak lain adalah karena adanya kecepatan relatif antara gelombang dan kapal yang melaju. Sebagai akibatnya, perubahan tersebut akan memberi pengaruh terhadap hasil-hasil perhitungan parameter-parameter ataupun koefisien hidrodinamika, yang akhirnya memberikan hasil akhir berupa respons yang berbeda-beda pula (Djarmiko, 2012).

Frekuensi yang berubah karena gelombang berpapasan dengan kapal yang sedang melaju disebut frekuensi gelombang papasan atau *encountering wave frequency*, sering disingkat sebagai frekuensi papasan atau *encountering frequency*, yang diberikan notasi sebagai ω_e . Uraian yang seksama tentang frekuensi papasan dapat diberikan sebagai berikut [Bhattacharyya, (1978), Journée & Pinkster (2002)], dengan mengacu pada Gambar 2.12 dibawah ini :



Gambar 2.12 Bangunan Laut Melaju di Gelombang dengan Arah μ .

Gambar 2.12 menunjukkan kapal yang sedang melaju dengan kecepatan V_s diatas gelombang yang berpropagasi dengan sudut μ dan berkecepatan c . Dengan demikian komponen

V_s yang berada pada arah propagasi gelombang adalah $V_s \cdot \cos \mu$, sedangkan kecepatan relatif antara kapal terhadap gelombang adalah $c - V_s \cdot \cos \mu$. Adapun waktu yang diperlukan oleh kapal untuk melintas dari satu puncak gelombang ke puncak gelombang berikutnya (Periode gelombang) adalah :

$$T_e = \frac{\lambda_w}{c - V_s \cdot \cos \mu} \quad (2.14)$$

Berdasarkan kesepakatan konvensi yang telah dijelaskan pada sub-bab 2.5.5, perlu dicatat bahwa dalam hal gelombang berpropagasi dari arah buritan kapal maka waktu yang dibutuhkan oleh kapal untuk mencapai dua puncak gelombang yang berurutan akan lebih lama dibandingkan dengan bangunan apung diam. Dengan demikian, periode papasan T_e akan mempunyai periode yang lebih besar daripada periode riilnya. Namun, sebaliknya jika gelombang berpropagasi dari arah yang berlawanan dengan kapal, maka periode papasan akan lebih kecil daripada periode riilnya. Jika kemudian kita meninjaunya dari segi frekuensi yang merupakan harga kebalikan dari periode, maka frekuensi papasan ω_e dari gelombang yang berpropagasi dari arah buritan kapal akan mempunyai nilai yang lebih kecil dibandingkan dengan frekuensi riilnya. Begitupun sebaliknya jika gelombang berpropagasi dari arah yang berlawanan dengan kapal, maka frekuensi papasan akan memiliki nilai yang lebih besar daripada frekuensi riilnya.

Periode merupakan jarak temporal antara satu puncak gelombang ke puncak berikutnya, yang bila ditinjau secara spasial akan merupakan panjang gelombang, yang mempunyai korelasi sebagai berikut :

$$\lambda_w = c * T \quad (2.15)$$

Maka jika disubstitusikan ke pers. (2.14) maka akan dihasilkan persamaan baru, yaitu :

$$T_e = \frac{c * T}{c - V_s \cdot \cos \mu} = \frac{T}{1 - (V_s/c) * \cos \mu} \quad (2.16)$$

Jika persamaan (2.16) didefinisikan sebagai frekuensi papasan, maka akan diperoleh persamaan sebagai berikut :

$$\frac{2\pi}{\omega_e} = \frac{2\pi/\omega}{1 - (V_s/c) * \cos \mu} \quad (2.17)$$

atau,

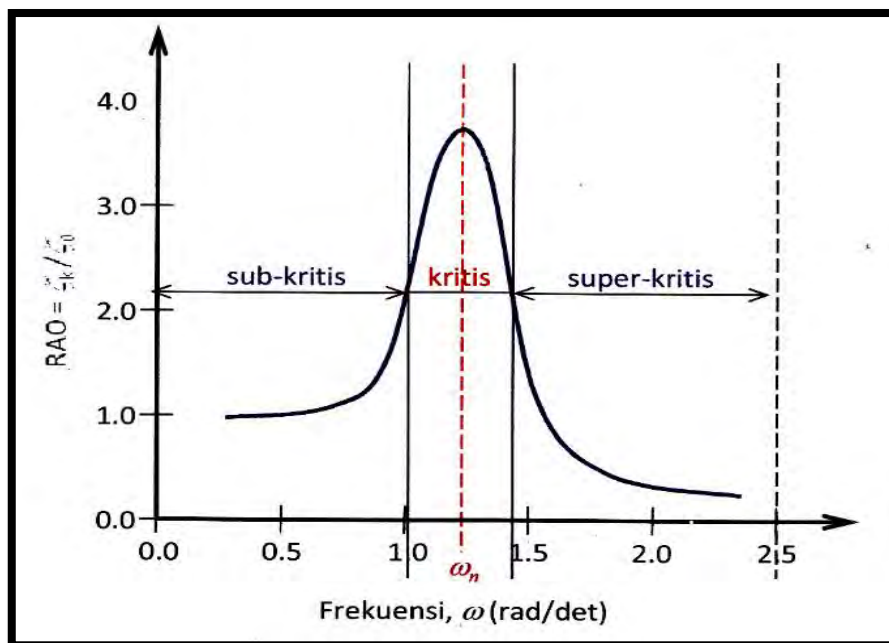
$$\omega_e = \omega \left(1 - \frac{V_s}{c} \cos \mu \right) \quad (2.18)$$

Jika diketahui bahwa nilai $c=g/\omega$, maka persamaan diatas akan dapat dituliskan juga sebagai :

$$\omega_e = \omega \left(1 - \frac{\omega V_s}{g} \cos \mu \right) \quad (2.19)$$

2.5.7 Response Amplitude Operator (RAO)

Setelah menjelaskan dengan seksama tentang teori gerakan bangunan laut, pada akhirnya hasil yang diperlukan oleh perancang, serta pada tahap tertentu oleh operator, adalah informasi tentang karakteristik gerakan itu sendiri. Informasi tersebut pada umumnya disajikan dalam bentuk grafik, dimana absisnya adalah berupa parameter frekuensi, sedangkan ordinatnya adalah merupakan rasio antara amplitudo gerakan pada mode tertentu (ζ_{k0}) dengan amplitudo gelombang (ζ_0), yang kemudian secara luas dikenal sebagai *Response Amplitude Operator*. Frekuensi yang dipakai sebagai absis dapat berupa frekuensi gelombang insiden (ω), frekuensi gelombang papasan (ω_e), atau frekuensi non-dimensional, disesuaikan dengan keperluan analisisnya. Berikut adalah bentuk umum dari respons gerakan kapal di gelombang (Djarmiko, 2012).



Gambar 2.13 Bentuk Umum Grafik Repons Gerakan Kapal.

Mengacu pada Gambar 2.13, kurva respons gerakan bangunan apung baik stasioner maupun melaju (kapal) pada dasarnya dapat dibagi menjadi tiga bagian, yaitu (Djarmiko, 2012) :

- Pertama adalah bagian frekuensi rendah, atau gelombang (dengan periode) panjang, yang disebut daerah sub-kritis. Pada daerah ini bangunan laut akan bergerak mengikuti pola atau kontur elevasi gelombang yang panjang, sehingga amplitudo gerakan kurang lebih akan ekuivalen dengan amplitudo gelombang, atau disebut *contouring*. Dalam korelasi persamaan hidrodinamis, di daerah frekuensi rendah, atau $\omega^2 < k/(m+a)$, gerakan akan didominasi oleh faktor kekakuan.
- Kedua adalah daerah kritis, meliputi pertengahan lengan kurva di sisi frekuensi rendah sampai dengan puncak kurva dan diteruskan ke pertengahan lengan kurva sisi frekuensi tinggi. Puncak kurva berada pada frekuensi alami, yang merupakan daerah resonansi, sehingga respons gerakan kapal akan mengalami magnifikasi, atau amplitudo gerakan akan menjadi lebih besar daripada amplitudo gelombang.
- Ketiga adalah daerah super-kritis, yaitu pada daerah frekuensi tinggi, atau gelombang-gelombang (dengan periode) pendek. Pada daerah ini respons gerakan akan mengecil. Semakin tinggi frekuensi, atau semakin rapat antara puncak-puncak gelombang yang berurutan, maka akan memberikan efek seperti bangunan laut bergerak diatas permukaan air yang relatif datar. Sehingga gerakan pada daerah ini gerakan akan didominasi faktor massa.

Untuk mode gerakan tanpa kekakuan (*Surge, Sway, Yaw*) akan memiliki harga besar pada frekuensi rendah, mengarah ke nilai 1.0 pada harga frekuensi nol. Namun demikian perlu digaris bawahi, bahwa frekuensi nol artinya periode gelombang adalah tidak berhingga atau sebenarnya adalah sama dengan air tenang.

Lewis (1988) menjabarkan bahwa *Response Amplitude Operator* (RAO) adalah merupakan nilai yang menggambarkan hubungan antara olah gerak kapal dan tinggi gelombang dengan frekuensi gelombang regular. Hubungan tersebut menggambarkan pendekatan linier dari frekuensi respons olah gerak kapal di gelombang regular. Dengan digunakannya asumsi pendekatan linier, superposisi dapat diterapkan untuk menentukan olah gerak kapal, sehingga, hubungan yang rumit dari pendeskripsian gelombang acak dapat dipenuhi.

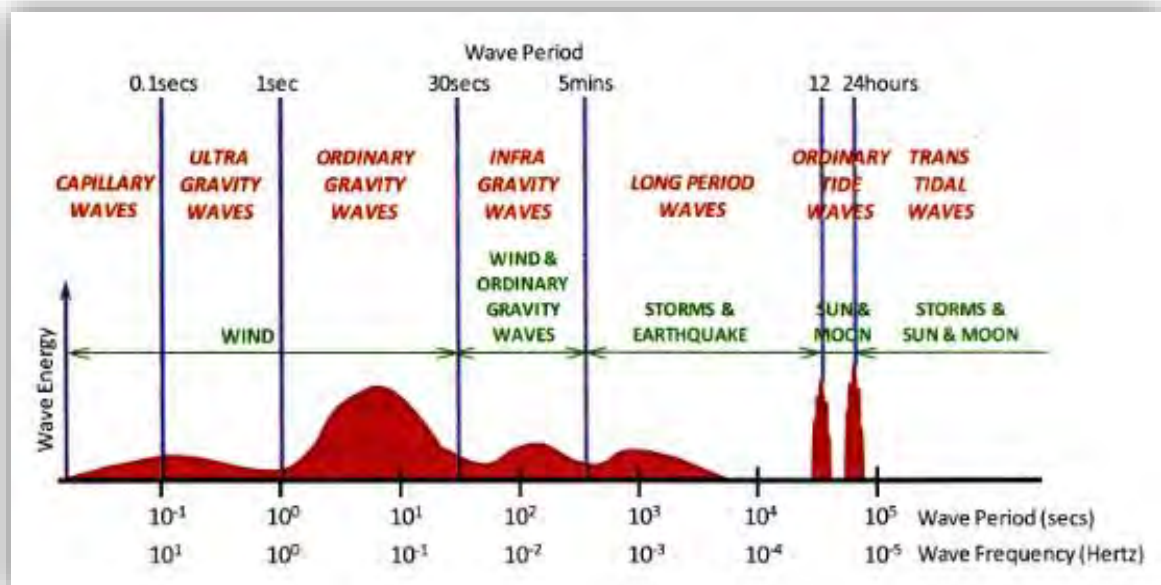
Nilai RAO sangat dipengaruhi oleh geometri dari lambung kapal dan kondisi beban pada kapal yaitu berdasarkan kecepatan dan arah terhadap arah datangnya gelombang. Enam (6)-mode

gerakan olah gerak kapal terdiri dari tiga gerakan translasi, yaitu *surge*, *sway*, *heave* dan tiga gerakan rotasi, yaitu *roll*, *pitch*, dan *yaw*.

Penjelasan tentang posisi dan orientasi dari kapal secara umum digambarkan pada *inertial frame* dan koordinat seperti dinotasikan sebagai berikut : $[x \ y \ z]t$ dan $[\phi \ \theta \ \psi]t$. RAO ditentukan menggunakan sistem komputasi yang didasarkan pada metode *Strip Theory* dan *3-D Diffraction Theory*.

2.6 Gelombang Acak

Gelombang laut yang umum terlihat di lautan merupakan salah satu jenis gelombang acak yang terbentuk karena reaksi angin. Bila diatas permukaan laut berhembus angin yang berkecepatan relatif rendah maka pada air laut akan terbentuk riak-riak kecil atau *ripple*. Riak-riak ini yang kemudian akan membesar menjadi gelombang kecil, jika angin terus berhembus dan kecepatannya bertambah. Gelombang kecil juga akan terus membesar, satu gelombang kecil bersuperposisi dengan gelombang lain, sedemikian rupa sehingga menjadi gelombang besar. Bersamaan dengan itu riak - riak baru akan terbentuk diatasnya jika angin diatas permukaan laut lebih naik kecepatannya, seperti yang diilustrasikan pada Gambar 2.14. Memahami bahwa angin adalah merupakan faktor utama pembentuk gelombang di laut, maka gelombang yang banyak dijumpai kemudian dinamakan dengan *wind waves*.



Gambar 2.14 Klasifikasi Spektrum Gelombang Laut Berdasarkan Periode

[Weisse & Von Storch, (2009)]

Besarnya ukuran gelombang yang terbentuk dilautan merupakan efek dari adanya perpindahan energi angin, yang tergantung dari lima faktor (Young, 1999):

- a. Kecepatan angin berhembus.
- b. Jarak bentangan permukaan laut dimana angin berhembus atau *fetch length*.
- c. Lebar area angin berhembus.
- d. Durasi atau lamanya angin berhembus.
- e. Kedalaman air.

2.6.1 Pengukuran Gelombang Laut

Dalam kaitannya dengan kebutuhan akan data statistik gelombang, ada beberapa teknik pengukuran gelombang laut yang biasa digunakan. Metode pengukuran gelombang dapat dilakukan dengan menggunakan sejumlah peralatan sebagai berikut :

- Pengukuran Visual
- *Stadia-type wave gage*
- *Capacitance-type wave gage*
- *Resistance-type wave gage*
- *Step-type wave gage*
- *Pressure-type wave gage*
- *Ultrasonic-type wave gage*
- *Bouy-type wave gage*

Setelah proses pengumpulan data gelombang yang diinginkan, maka langkah selanjutnya yang harus dilakukan adalah analisis sampai dengan pelaporan data gelombang laut :

- *Data quality assurance*
- *Mean Removal*
- *Trend Removal*
- *Segmenting*
- *Windowing*
- *Fast Fourier Transform (FFT) analysis*
- *Correction for windows use*
- *Cross-spectral calculations*
- *Averaging over segments*
- *Directional spectra calculation*

2.6.2 Klasifikasi Kondisi Laut

Keadaan laut atau *Sea state* adalah referensi numerik yang umum digunakan untuk mengukur dan menjelaskan tingkat keganasan lautan atau *sea severity*. Ukuran ini pada awalnya didasarkan pada pengalaman yang diperoleh oleh para pelaut yang berlayar di lautan dunia. Para pelaut melakukan pengamatan para pelaut yang berlayar di lautan dunia. Para pelaut melakukan pengamatan secara visual pada karakteristik fluktuasi air laut, dan mengkorelasikannya dengan perkiraan kecepatan angin yang berhembus.

Pada akhirnya, dikarenakan banyaknya laporan tentang keadaan laut, dengan data berupa perkiraan tinggi gelombang dan kecepatan angin kemudian dikumpulkan, dan secara resmi digunakan oleh *World Meteorological Organization* untuk menyusun suatu acuan keadaan laut atau *sea state code*, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.2. Suatu hal yang menarik adalah dari berbagai data yang terkumpul dan kemudian dikaji, ternyata tinggi gelombang observasi pada umumnya mempunyai harga yang mendekati tinggi gelombang signifikan H_s . Oleh karena itu, *sea state code* tidak dikuantifikasikan berdasarkan tinggi gelombang observasi, namun berdasarkan tinggi gelombang signifikan (Djarmiko, 2012).

Tabel 2.2 Klasifikasi *Sea State* menurut WMO.

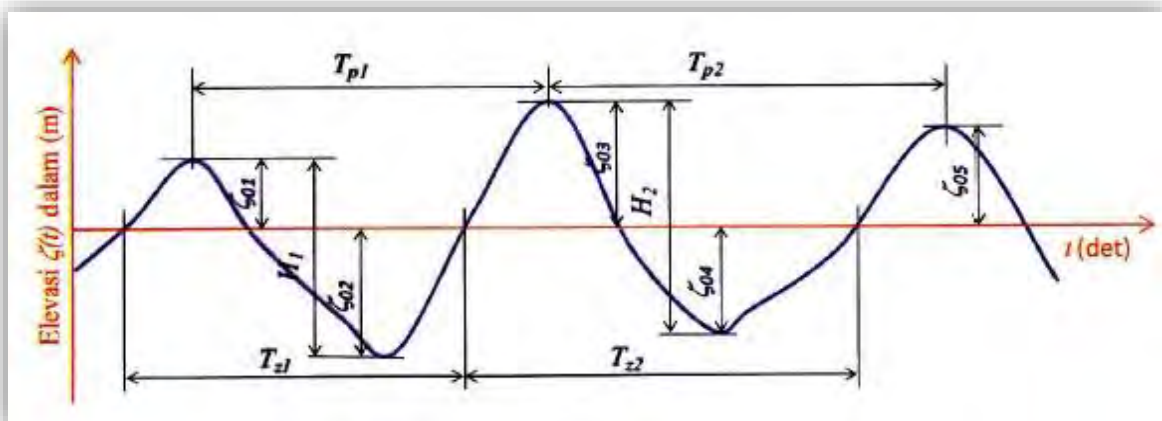
| Sea State Code | Signikan Wave Height [m] | | Description |
|----------------|--------------------------|-----------|-------------------|
| | Range | Mean | |
| 0 | 0 | 0 | Calm (glassy) |
| 1 | 0.0 – 0.1 | 0.05 | Calm (rippled) |
| 2 | 0.1 – 0.5 | 0.3 | Smooth (waveless) |
| 3 | 0.5 – 1.25 | 0.875 | Slight |
| 4 | 1.25 – 2.5 | 1.875 | Moderate |
| 5 | 2.5 – 4.0 | 3.25 | Rough |
| 6 | 4.0 – 6.0 | 5.0 | Very Rough |
| 7 | 6.0 – 9.0 | 7.5 | High |
| 8 | 9.0 – 14.0 | 11.5 | Very High |
| 9 | Over 14.0 | Over 14.0 | Phenomenal |

2.6.3 Karakteristik Gelombang Acak

Gelombang laut mempunyai pola acak, baik dalam bentuk elevasinya maupun propagasinya, yang tidak akan pernah berulang urutan kejadiannya, terutama pada lokasi observasi yang sama. Dengan demikian teori gelombang reguler dan metode deterministik tidak akan dapat dipakai secara langsung dalam menjelaskan gelombang acak. Oleh karena itu metode statistik harus digunakan dalam melakukan analisa untuk menjelaskan karakteristik gelombang acak.

Analisis gelombang acak akan diawali dengan mengevaluasi satu rekaman gelombang, yang disebut dengan analisis gelombang kurun waktu pendek atau *short term wave analysis* (STWA). Hal ini digunakan untuk membedakan analisis yang dilakukan terhadap akumulasi data rekaman gelombang yang diperoleh dalam kurun waktu tahunan, atau disebut analisis kurun waktu panjang atau *long term wave analysis* (LTWA).

Analisa gelombang dalam kurun waktu pendek dapat dilakukan dengan menggunakan metode *zero-upcrossing* atau metode *zero-down crossing*. Bila diambil suatu potongan rekaman gelombang, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.15, maka satu gelombang adalah didefinisikan sebagai elevasi permukaan laut yang terdiri dari satu puncak dan satu lembah.



Gambar 2.15 Definisi Pengukuran Parameter Sampel Gelombang Acak.

Dimana,

H = tinggi gelombang [m]

ζ_0 = Amplitudo gelombang [m]

T_p = Periode gelombang [s]

T_z = Periode simpangan nol gelombang naik [m]

Secara teoritis jika analisis dilakukan terhadap sekitar 100 sampel gelombang, maka akan diperoleh juga sekitar 100 variasi nilai H , T_p , dan T_z , serta 200 variasi nilai amplitudo ζ_0 . Untuk mengidentifikasi gelombang acak yang dianalisis dengan memilih salah satu harga dari banyak variasi untuk masing-masing parameter tentunya tidak akan tepat. Dengan demikian, identifikasi gelombang acak akan diberikan oleh nilai-nilai statistik dari parameter-parameter tersebut. Nilai-nilai statistik yang lazim digunakan adalah :

H_{av} = tinggi gelombang rata-rata, yakni jumlah keseleuruhan tinggi gelombang dalam sampel dibagi dengan jumlah sampelnya.

H_s = tinggi gelombang signifikan, yakni harga rata-rata dari sepertiga tinggi gelombang terbesar, yang dihitung dari jumlah sepertiga tinggi gelombang terbesar dibagi dengan sepertiga jumlah sampel.

$H_{1/10}$ = tinggi gelombang rata-rata sepersepuluh terbesar, yang dihitung dari jumlah sepersepuluh tinggi gelombang terbesar dibagi dengan sepersepuluh jumlah sampel.

$H_{1/100}$ = tinggi gelombang rata-rata seperseratus terbesar, yang dihitung dari jumlah seperseratus tinggi gelombang terbesar dibagi dengan seperseratus jumlah sampel.

H_{max} = tinggi gelombang maksimum, yang merupakan tinggi gelombang terbesar dari keseluruhan sampel (Djarmiko, 2012).

2.6.4 Spektrum Energi Gelombang

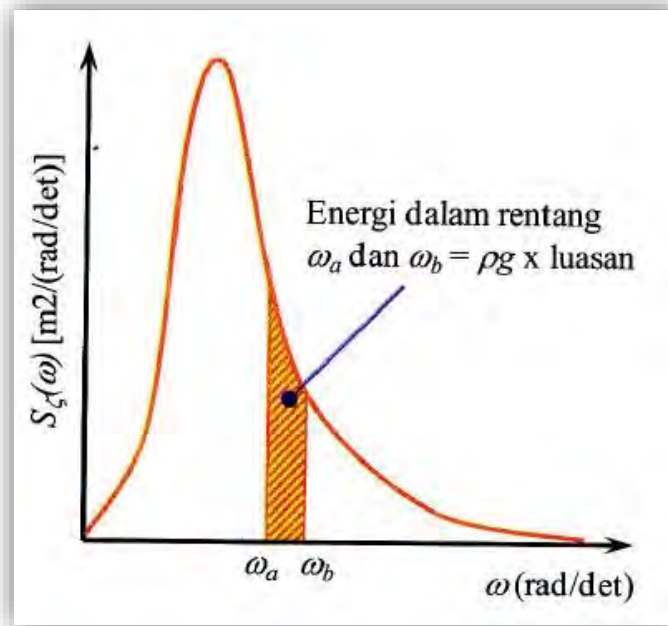
Telah banyak penelitian mengemukakan bahwa gelombang reguler memuat energi, yang diidentifikasi pada setiap unit atau satuan luas permukaannya adalah ekuivalen dengan harga kuadrat amplitudonya, seperti yang ditunjukkan pada pers. (2.20). Persamaan tersebut menunjukkan bahwa energi per satuan luas permukaan gelombang adalah merupakan penjumlahan antara energi potensial dan energi kinetik dibawah ini :

$$\frac{dE_T}{dA} = \frac{dE_P + dE_K}{dA} = \frac{1}{4} \rho g \zeta_0^2 + \frac{1}{4} \rho g \zeta_0^2 = \frac{1}{2} \rho g \zeta_0^2 \quad (2.20)$$

Mengacu pada hal tersebut, maka energi yang dimuat dalam sebuah gelombang acak adalah merupakan jumlah energi yang dikontribusikan oleh semua gelombang regulernya. Adapun energi yang dikontribusikan oleh komponen gelombang reguler ke- n adalah :

$$E_n = \frac{1}{2} \rho g \zeta_{n0}^2 \quad (2.21)$$

Penjumlahan energi dari seluruh komponen gelombang reguler per satuan luas permukaan (1.0m^2) dapat diekspresikan sebagai kepadatan spektrum energi gelombang, atau singkatnya diistilahkan sebagai spektrum gelombang. Secara visual, spektrum energi gelombang dapat ditunjukkan pada Gambar 2.16, dimana kontribusi energi tiap-tiap komponen gelombang reguler adalah merupakan ordinat pada frekuensinya yang terkait (Djatkiko, 2012).



Gambar 2.16 Definisi Spektrum Energi Gelombang.

2.6.5 Formulasi Spektrum Gelombang

Metode yang diterapkan untuk menganalisis rekaman gelombang menjadi kurva spektrum energi gelombang telah diadopsi dari bidang disiplin ilmu lain, khususnya elektronika dan mekanika getaran. Proses yang dilakukan pada dasarnya adaalah mentransformasikan rekaman gelombang acak dalam domain waktu menjadi kurva spektra gelombang dalam domain frekuensi, dengan menggunakan algoritma matematika deret Fourier.

Menurut Chakrabarti (1987), pada umumnya persamaan spektra akan didasarkan pada satu atau beberapa parameter, misalnya tinggi gelombang, periode gelombang, parameter bentuk, dll. Telah banyak metode yang muncul dalam penentuan spektra gelombang dalam dunia perkapalan, kebanyakan persamaan spektra yang ada adalah disusun untuk kondisi perairan terbuka. Dari sekian banyak metode penentuan spektra energi gelombang, JONSWAP merupakan salah satunya, yang akan dibahas lebih detail pada sub-bab selanjutnya.

2.6.6 Spektra JONSWAP

JONSWAP adalah merupakan singkatan dari *Joint North Sea Wave Project*, yang merupakan proyek penelitian yang dilakukan secara bersama-sama oleh sejumlah negara terhadap gelombang di perairan Laut Utara. Menurut laporan dari Hasselman dkk (1973, 1978) formulasi JONWAP adalah merupakan modifikasi dari spektra P-M, dengan memasukkan parameter-parameter yang akan mengakomodasi karakteristik gelombang perairan tertutup, atau kepulauan. Persamaan spektra JONSWAP mempunyai bentuk yang lebih kompleks bila dibandingkan dengan persamaan-persamaan spektra lain, yaitu :

$$S_{\eta\eta} = \frac{5}{32} \beta \frac{H_s^2}{\omega_p} \left(\frac{|\omega|}{\omega_p} \right)^{-5} \exp \left(-\frac{5}{4} \left(\frac{\omega}{\omega_p} \right)^{-4} \right) \quad (2.22)$$

$$S_{\eta} = 2 * S_{\eta\eta} \quad (2.23)$$

Dimana,

$$\beta = (1 - 0.287 \ln(\gamma)) \gamma^{\delta} \quad (2.24)$$

$$\delta = \exp \left(-\frac{1}{2} \left(\frac{|\omega| - \omega_p}{\sigma \omega_p} \right)^2 \right) \quad (2.25)$$

$$\sigma = \begin{cases} 0.07, & |\omega| \leq \omega_p \\ 0.09, & |\omega| > \omega_p \end{cases} \quad (2.26)$$

$$T_p = \frac{2\pi}{\omega_p} = \sqrt{180 H_s / g} \quad (2.27)$$

Formulasi spektra JONSWAP banyak diterapkan dalam perancangan dan analisis bangunan lepas pantai maupun kapal yang dioperasikan di Indonesia. Hal ini cukup dapat dimengerti karena perairan Indonesia dimana kebanyakan bangunan apung yang dioperasikan adalah merupakan perairan kepulauan atau perairan tertutup. Namun dari sejumlah kajian, untuk perairan Indonesia disarankan untuk memakai parameter γ yang lebih kecil, yaitu nilai antar 2.0-2.5. Hal ini pada intinya adalah untuk mengurangi dominasi energi yang dikontribusikan oleh frekuensi gelombang tertentu saja. Dalam penelitian kali ini juga akan ditampilkan validasi untuk perhitungan JONSWAP sesuai paper yang dikemukakan oleh Nielsen dkk (2012).

2.6.7 Respons Kapal di Gelombang Acak

Langkah pertama yang dilakukan untuk dapat mengetahui karakteristik respons kapal terhadap suatu gelombang acak adalah mendekomposisikan gelombang acak tersebut menjadi komponen-komponen reguler. Kemudian tiap-tiap komponen reguler hasil dekomposisi digunakan untuk menimbulkan eksitasi terhadap bangunan laut. Hasil eksitasi akan berupa

respons yang berosilasi sinusoidal pula. Jadi jika keseluruhan osilasi respons sinusoidal yang diperoleh disuperposisikan maka akan tersusun suatu pola osilasi respons acak bangunan laut.

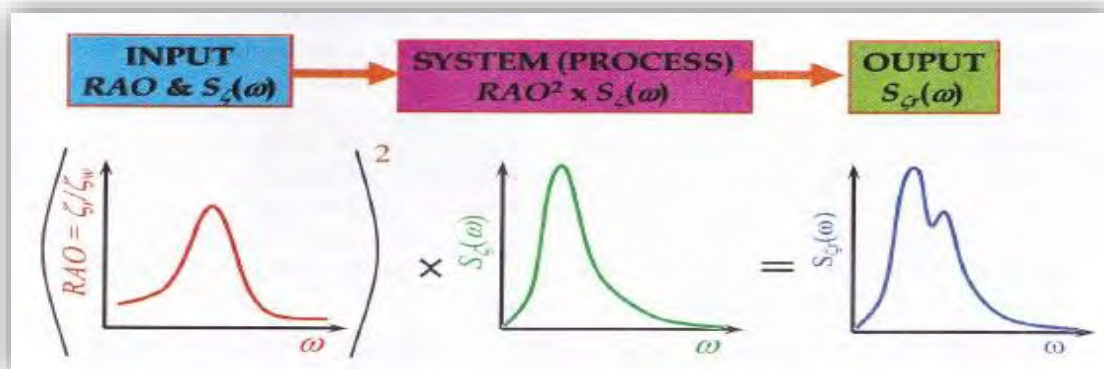
Gelombang acak yang didekomposisi secara prinsip adalah diwakili oleh luasan dibawah kurva spektra, $S_{\zeta(\omega)}$, yang dapat dibagi menjadi pias-pias berdasarkan kenaikan frekuensinya. Sedangkan komponen-komponen respons sinusoidal adalah dapat diwakili oleh kurva RAO. Jadi dapat diambil kesimpulan bahwa respons di gelombang acak akan bisa diperoleh bila RAO dapat dikorelasikan sedemikian rupa dengan $S_{\zeta(\omega)}$. Korelasi ini secara substansi adalah sama dengan mentransformasi energi gelombang menjadi energi respons. Energi gelombang adalah merupakan harga kuadrat dari amplitudonya, ζ_0^2 , pada tiap kenaikan frekuensi. Dengan memakai analogi respons, energi respons adalah merupakan harga kuadrat amplitudonya juga. Maka, respons di gelombang acak secara dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$S_{\zeta r(\omega_e)} = \text{RAO} \times S_{\zeta(\omega_e)} \quad (2.28)$$

Dimana,

RAO = *Response Amplitude Operator* dari gerakan kapal

$$S_{\zeta(\omega_e)} = \frac{S_{\zeta(\omega_w)}}{[1 - (4\omega_e V/g) \cos \mu]^{1/2}} \quad (2.29)$$



Gambar 2.17 Transformasi Spektra Gelombang menjadi Spektra Respons.

Gambar 2.17 menggambarkan proses alur identifikasi spektra gelombang menjadi spektra respons secara umum dikenal dengan *spectral analysis*.

2.7 Persamaan Navier-Stokes

Dasar dasar Navier-Stokes digunakan dalam pergerakan fluida pada fenomena *Sloshing* dalam penerapan *Volume of Fluid* (VOF). Persamaan Navier-Stokes adalah sistem persamaan differensial non-linier yang mendeskripsikan bagaimana fluida mengalir. Metode yang digunakan untuk mensimulasikan aliran fluida selama ini adalah metode Euler yaitu *Finite Element* (FE) dan *Finite Difference* (FD) yang menggunakan anggapan bahwa, fluida merupakan sistem yang kontinyu dan mengikuti hukum-hukum gerak Newton. Cara ini sangat tidak efektif untuk dilakukan mengingat persamaan Navier-Stokes merupakan persamaan yang sangat kompleks.

Dasar persamaan Navier-Stokes didapatkan dengan mensubstitusi hukum ketiga Newton kedalam elemen fluida dV . Bentuk umum persamaan Navier-Stokes dituliskan pada persamaan berikut ini (Gilson, 2005) :

$$\rho \left(\frac{\partial \vec{u}}{\partial t} + \vec{u} \cdot \nabla \vec{u} \right) = -\nabla P + F + \mu \left(\nabla^2 \vec{u} + \frac{1}{3} \nabla (\nabla \cdot \vec{u}) \right) \quad (2.30)$$

F adalah gaya luar dan μ adalah viskositas fluida. Untuk fluida yang tidak termampatkan, maka persamaan $\nabla \cdot \vec{u} = 0$ harus disubtitusikan pada sistem. Jika persamaan tersebut dikombinasikan dengan pers. (2.30) maka persamaan Navier-Stokes untuk fluida tidak termampatkan (misalnya air) dapat dituliskan pada persamaan berikut :

$$\rho \left(\frac{\partial \vec{u}}{\partial t} + \vec{u} \cdot \nabla \vec{u} \right) = -\nabla P + F + \mu \nabla^2 \vec{u} \quad (2.31)$$

dimana,

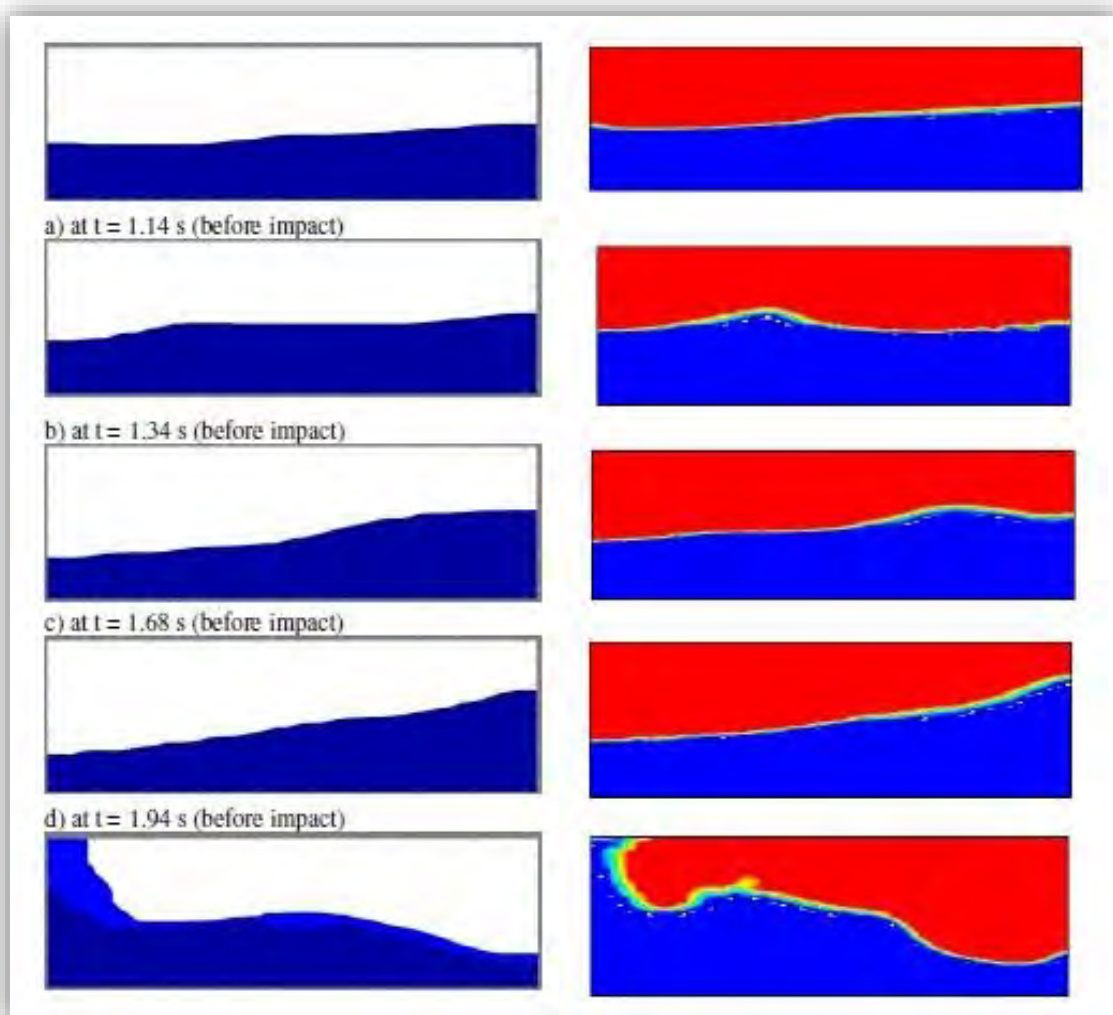
$$\nabla \cdot \vec{u} = 0 \quad (2.32)$$

Simulasi aliran fluida dapat dilakukan dengan mencari solusi persamaan Navier-Stokes. Selama ini belum terdapat solusi analitik persamaan Navier-Stokes tersebut, karena itu untuk mencari solusi persamaan Navier-Stokes dapat dilakukan dengan metode numerik. Syarat awal dan syarat batas juga diperlukan dalam simulasi aliran fluida. Secara umum, syarat awal yang digunakan adalah $(\rho(t = 0, x, y, z), \vec{u}(t = 0, x, y, z))$ dan syarat batas untuk simulasi aliran fluida pada permukaan.

2.8 Sloshing

Suatu cairan yang dengan permukaan bebas yang tak terbatas akan mengalami perpindahan yang sangat besar ketika terjadi gaya eksitasi akibat gaya luar. Fenomena tersebut secara umum dikenal sebagai *sloshing*. Berkaitan dengan gerakan cairan yang mengakibatkan pembebanan pada struktur tangki ruang muat. Kapal yang membawa muatan dalam bentuk cairan dengan metode pengisian sebagian (*partially filled*) merupakan kasus yang memiliki efek *sloshing* yang besar. Tingkat keselamatan kapal pada saat ini telah dianjurkan untuk memasukkan kriteria beban akibat *sloshing*, begitu pula efeknya terhadap stabilitas kapal.

Sebelum memodelkan suatu bentuk aliran *sloshing*, karakteristik cairan perlu diidentifikasi lebih lanjut untuk menentukan parameter kunci yang akan dimasukkan ke dalam rumusan model matematika. Efek alamiah *sloshing* dipengaruhi oleh geometri dari tangki, sifat-sifat cairan dan eksitasi tangki.



Gambar 2.18 Fenomena *Sloshing* pada Tangki Memanjang (Khezzar & Seibi, 2009).

2.8.1 Sloshing Load Assesment

Pada saat ini ada tiga macam pendekatan dalam proses pemecahan masalah beban sloshing. Metode yang paling lama muncul adalah teori aliran potensial yang mengasumsikan eksitasi gerakan yang kecil. Keunggulan dari metode ini adalah tingkat pemodelan permasalahannya yang cukup sederhana, sehingga dapat dirumuskan untuk tekanan, serta gaya dan momen putar tangki, karakteristik tangki, percepatan dan frekuensi *sloshing*.

Namun, pendekatan tersebut memiliki beberapa kekurangan. Pertama, pemilihan permasalahan sebagai aliran potensial tidak dapat memberikan hasil yang akurat terhadap gerakan cairan. Asumsi eksitasi yang kecil juga membatasi validitas dari pendekatan ini. Pada akhirnya, bentuk geometri tangki yang kompleks seperti bentuk tangki pada kapal LNG dengan jenis membran yang tidak dapat dideskripsikan dengan sistem koordinat sederhana. Keterbatasan inilah yang kemudian memunculkan pendekatan dengan metode panel (*Boundary Elements*) untuk mendeskritisasikan bentuk tangki yang lebih rumit.

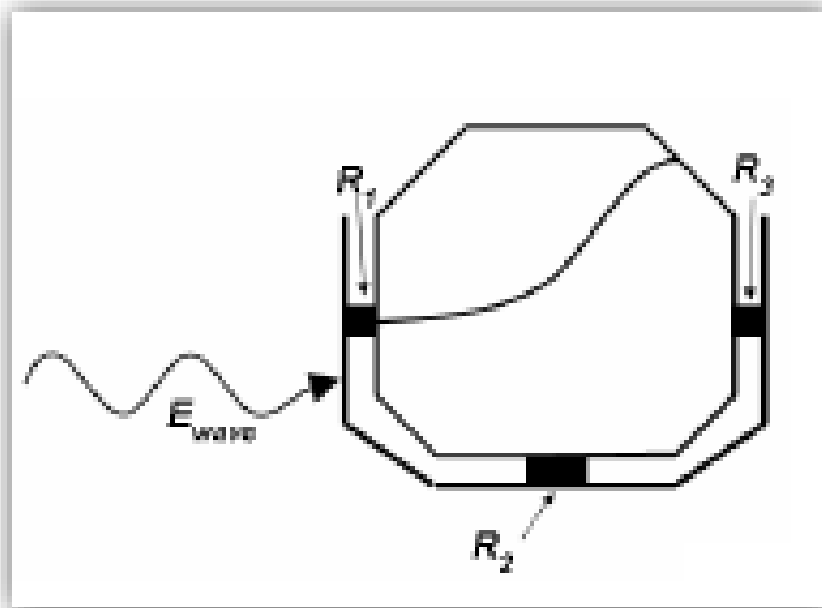
Pada saat ini telah muncul beberapa teori yang dikembangkan dari teori linear, yang memiliki banyak keterbatasan dalam pemodelan permasalahan *sloshing*, hal tersebut ditunjang dengan berkembangnya kemampuan kinerja komputer yang semakin canggih sehingga munculah teori non-linier, yang memodelkan beban *sloshing* dengan lebih akurat dengan eksitasi gerakan yang lebih luas.

Eksperimen menggunakan model yang diskala telah menjadi prosedur standar dalam penerapan di dalam ilmu kelautan. Hal tersebut digunakan oleh beberapa biro klasifikasi besar seperti Det Norske Veritas, Lloyd's Register dan American Bureau of Shipping. Ketika percobaan memberikan data yang riil pada skala percobaan, menjadikan proses penskalaan menjadi hal yang penting dan tidak boleh diabaikan.

Perkembangan teknologi komputer telah memunculkan metode pendekatan terhadap pemodelan beban *sloshing* yang secara umum dikenal dengan *Computational Fluid Dynamics* (CFD). Beberapa produk komersial yang umum digunakan antara lain adalah Star-CD, Fluent, Flow-3D dan CFX. Pada pendekatan dengan metode CFD, dimungkinkan untuk menganalisa parameter seperti efek viskositas cairan, kenaikan tekanan cairan dalam geometri bentuk tangki yang bermacam-macam.

2.8.2 Dinamika Sloshing

Meskipun permasalahan fenomena *sloshing* sangat menantang, investigasi mendetail membutuhkan pemahaman tentang interaksi antara gerakan cairan *sloshing* dan geometri tangkinya. Dalam perjalanan perkembangan desain tangki ruang muat kapal ditunjukkan adanya hubungan antara efek *sloshing* yang signifikan yang diakibatkan oleh adanya efek gerakan tangki dengan *sloshing* pada cairan.



Gambar 2.19 Ilustrasi Skema *Sloshing*.

Gambar diatas menunjukkan skema dari fenomena *sloshing*. Kapal dikenai gaya luar akibat eksitasi gelombang (E_{wave}), yang mengakibatkan tangki bergerak dan menimbulkan efek *sloshing* pada cairan didalamnya. Efek *sloshing* dan eksitasi gelombang bekerja pada dinding tangki. Ketika suatu kapal LNG berlayar pada perairan dengan kategori perairan dengan gelombang reguler, prosedur perhitungan beban *sloshing* harus dimasukkan pada gaya eksitasi irreguler. Efek *sloshing* pada cairan mula-mula akan menghasilkan beban transien, tapi data beban *steady state* mengabaikan beban ini.

Sehingga pada akhirnya, interaksi antara cairan dengan struktur tangki biasanya diselesaikan secara terpisah, atau ditiadakan semuanya. Interaksi antara cairan dan struktur tangki pada tingkatan tersebut hanya bisa diselesaikan dengan gabungan antara metode CFD dan *Finite Elements* sebagai suatu input untuk mendapatkan solusi terhadap permasalahan tersebut,

namun hal ini tentunya membutuhkan performa komputer yang lebih canggih. Pada sub-bab selanjutnya akan dijelaskan mengenai karakteristik *sloshing* secara mendetail.

2.8.3 Eksitasi Sloshing

Hasil dari eksitasi signifikan dari efek *sloshing* yang terbaik dapat dihitung dengan metode aliran potensial, dengan tekanan dan gaya yang dirumuskan pada karakteristik gerakan model. Tangki kotak dapat digunakan sebagai representasi dari contoh tangki LNG sesungguhnya, aliran potensial diasumsikan sebagai model cairan. Analisis kemudian digunakan untuk memperoleh amplitudo eksitasi dan frekuensi pada beban *sloshing*.

Pada kondisi pelayaran dari kapal, eksitasi selalu digambarkan sebagai fenomena alam yang irreguler. Maka, analisis Fourier digunakan untuk mendekomposisikan suatu persamaan kecepatan eksitasi ireguler $\dot{\zeta}(t)$ menjadi komponen-komponen reguler seperti yang ditunjukkan pada pers. (2.33) dibawah ini :

$$\dot{\zeta}(t) = \sum_{i=1}^n \zeta_{0n} \omega_n \cos(\omega_n t + \varepsilon_n) \quad (2.33)$$

Dimana,

$$\begin{aligned} \zeta_{0n} &= \sqrt{2(S_{\zeta}(\omega))} \\ &= \text{Amplitudo eksitasi} \end{aligned} \quad (2.34)$$

$$\begin{aligned} \varepsilon_n &= \sqrt{1 - \frac{m_z^2}{m_0 m_4}} \\ &= \text{Sudut Fase eksitasi} \end{aligned} \quad (2.35)$$

2.8.4 Pemodelan sloshing

Ada dua metode numerik yang sering dipakai dalam sifat (kompleksitas) dari perilaku permukaan bebas (*free surface behaviour*):

- Interface capturing technique*; sebagai contoh adalah *volume of fluid* yang dikembangkan oleh Hirt dan Nicholas (1981) dan Level Set Method yang disusun oleh Sussman (1994).
- Smoothed Particle Hydrodynamics* yang dikembangkan oleh Gingold dan Monaghan (1977) dan diperluas cakupannya dengan melibatkan *free surface incompressible flows* oleh Monaghan (1994).

Smoothed Particle Hydrodynamics (SPH) adalah metode komputasi yang digunakan untuk simulasi fluida mengalir. SPH telah digunakan di berbagai bidang penelitian, termasuk astrofisika, balistik, vulkanologi, dan oseanografi. Ini adalah *mesh* bebas metode Lagrangian (dimana koordinat bergerak dengan fluida), dan resolusi dari metode ini dengan mudah dapat disesuaikan sehubungan dengan variabel-variabel seperti kerapatan (*density*).

SPH bekerja dengan membagi cairan ke dalam satu set elemen diskrit, disebut sebagai partikel. Partikel-partikel ini memiliki jarak spasial (dikenal sebagai "panjang *smoothing*", biasanya direpresentasikan dalam persamaan dengan variabel h), dimana sifat mereka "*smoothed*" oleh fungsi kernel. Ini berarti bahwa kuantitas fisik dari partikel apapun dapat diperoleh dengan menjumlahkan sifat yang relevan dari semua partikel yang berada dalam kisaran dari kernel. Sebagai contoh, dengan menggunakan kernel spline kubik Monaghan pada posisi \mathbf{r} tergantung pada suhu dari semua partikel dalam jarak radial $2h$ dari \mathbf{r} .

Kontribusi dari setiap partikel untuk sebuah properti yang menurut jarak dari partikel bunga, dan kepadatan mereka. Secara matematis, ini diatur oleh fungsi kernel (simbol W). Kernel fungsi umumnya digunakan termasuk fungsi Gaussian dan spline kubik. Fungsi terakhir ini bernilai nol untuk partikel lebih jauh dari dua panjang *smoothing* (tidak seperti Gaussian, dimana ada kontribusi kecil pada jarak yang terbatas). Hal ini memiliki keuntungan yaitu meringankan kerja komputasi dengan tidak memasukkan kontribusi relatif kecil dari partikel jauh.

Persamaan untuk setiap kuantitas A pada setiap titik \mathbf{r} diberikan oleh persamaan:

$$A(\mathbf{r}) = \sum_j^{\infty} (m_j \frac{A_j}{\rho_j} W(\mathbf{r} - \mathbf{r}_j), h) \quad (2.36)$$

Dimana m_j adalah massa dari partikel j , A_j adalah nilai kuantitas partikel A untuk j , ρ_j adalah densitas berhubungan dengan partikel j , \mathbf{r} menunjukkan posisi dan W adalah fungsi kernel yang disebutkan di atas. Sebagai contoh, kepadatan partikel i (ρ_i) dapat dinyatakan sebagai :

$$\rho_i = \rho(\mathbf{r}_i) = \sum_j^{\infty} \left(m_j \frac{\rho_j}{\rho_j} W(\mathbf{r}_i - \mathbf{r}_j), h \right) = \sum_j^{\infty} (m_j W(\mathbf{r}_i - \mathbf{r}_j), h) \quad (2.37)$$

Dimana penjumlahan di atas j mencakup semua partikel dalam simulasi.

Demikian pula, turunan spasial kuantitas dapat diperoleh dengan menggunakan integrasi bagian demi bagian untuk menggeser del (∇) operator dari kuantitas fisik ke fungsi kernel,

$$\nabla A(\mathbf{r}) = \sum_j^{\infty} (m_j \nabla W(\mathbf{r} - \mathbf{r}_j), h) \quad (2.38)$$

Meskipun ukuran panjang smoothing bisa diperbaiki di kedua ruang dan waktu. Dengan menetapkan setiap partikel panjang smoothing sendiri dan memungkinkan untuk bervariasi dengan waktu, resolusi simulasi dapat dibuat untuk secara otomatis menyesuaikan diri tergantung pada kondisi setempat.

Sebagai contoh, di daerah yang sangat padat dimana banyak partikel berdekatan panjang *smoothing* dapat dibuat relatif singkat, menghasilkan resolusi spasial tinggi. Pada daerah kepadatan rendah dimana partikel individu terpisah jauh dan resolusi rendah, panjang *smoothing* dapat ditingkatkan, mengoptimalkan perhitungan untuk daerah yang diamati.

2.8.5 Pemodelan Aliran Turbulen

Model turbulen telah meningkatkan pemikiran terhadap pendekatan awal kondisi batas dan melakukan percobaan untuk mendapatkan pola aliran terbaik. Dewasa ini, pemodelan turbulen merupakan salah satu parameter yang paling banyak diteliti pada permasalahan dinamika fluida maupun matematis. Observasi terhadap data hasil percobaan telah meningkatkan pemahaman terhadap pola aliran turbulen. Pada 1937, von Karman mendefinisikan turbulen sebagai berikut :

“ pola gerakan acak yang secara umum terlihat pada fluida, gas , maupun cairan”.

Perkembangan pemahaman terhadap proses *chaotic* mengharuskan adanya perbaikan pada definisi tersebut, sehingga munculah konsep *time-averaging*. Suatu komponen acak dari sinyal / gelombang turbulen ketika dirata-rata terhadap waktu memiliki nilai \approx nol. Sehingga rata-rata dari waktu berdasarkan sifat fluida $\Omega(t)$ terhadap rata-rata waktu T adalah :

$$\bar{\Omega} = \frac{1}{T} \int_0^T \Omega(t) dt, \quad (2.39)$$

Sehingga,

$$\Omega(t) = \bar{\Omega} + \Omega'(t), \quad (2.40)$$

Dengan tingginya kecepatan dari Ω'

$$\overline{\Omega'(t)} = 0 \quad (2.41)$$

Aplikasi dari tahapan tersebut terhadap rumusan umum Navier Stokes (2.31) sehingga akan menghasilkan Reynolds-Averaged Navier Stokes Equation (RANS).

$$\frac{\partial(\rho \bar{u}_i)}{\partial x_i} = 0, \quad (2.42)$$

$$\frac{\partial(\rho \bar{u}_i)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_j} (\rho \bar{u}_i \bar{u}_j + \rho \bar{u}_i' \bar{u}_j') = -\frac{\partial \bar{P}}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\left(\frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_j} + \frac{\partial \bar{u}_j}{\partial x_i} \right) \right] \quad (2.43)$$

Prosedur ini dipaparkan untuk permasalahan 3D, dengan enam parameter yang tidak diketahui pada pers. (2.43).

2.8.5.1 k-epsilon

Pada pemodelan aliran turbulensi, pada umumnya digunakan pendekatan yang memiliki kaitan dengan *turbulence stress* terhadap karakteristik rata-rata alirannya. Menggunakan k , energi kinetik turbulensi dan ε , *eddy dissipation*, semua digunakan untuk menentukan aliran turbulen, dengan skala panjang, skala waktu dan kuantitas dari dimensi seperti viskositas turbulensi, semua dapat didapatkan. Maka, model $k-\varepsilon$ dapat dikatakan memenuhi kelengkapan matematisnya selama tidak ada parameter aliran spesifik yang dibutuhkan.

Model merupakan salah satu pemodelan aliran turbulen yang digunakan di CFD. Hal ini membutuhkan dua tambahan persamaan perpindahan. Dalam pemodelan turbulensi dengan model $k-\varepsilon$ asumsi yang digunakan adalah asumsi Boussinesq, yaitu :

$$\nu_t = C_\mu \frac{k_t^2}{\varepsilon_t} \quad (2.44)$$

Dimana,

ν_t = viskositas turbulen

C_μ = konstanta, 0.09

ε_t = energi kinetik turbulen

Nilai k_t dan ε_t keduanya melakukan pemecahan masalah dalam domain komputasi untuk harga persamaan perpindahan yang analog dengan massa dan momentum. Model $k-\varepsilon$ telah digunakan dalam jangka yang panjang pada dunia industri dengan aplikasi spektra yang sangat besar. Berikut adalah beberapa kekurangan dari model $k-\varepsilon$:

1. Ketidak-akuratan pada gradien tekanan yang besar.
2. Ketidakmampuan model untuk memodelkan hukum kondisi batas tanpa koreksi viskositas.
3. Kesulitan dalam hal pemodelan masalah dengan tingkat gaya geser yang kompleks.
4. Identifikasi dari nilai awal pada suatu domain.

Meskipun begitu, permasalahan ini dapat diatasi dengan memulai simulasi *sloshing* pada kecepatan nol.

2.9 *Volume of Fluid*

Pemodelan yang didasarkan pada teori *Volume of Fluid* atau yang kemudian disingkat menjadi VOF dapat memodelkan dua atau lebih fluida yang tidak dapat dicampur dengan penyelesaian persamaan momentum tunggal dan menelusuri volume fluida yang pecah pada tiap domain. Pada Metode ini, lokasi aktual dari pertemuan fase ditentukan dengan beberapa penambahan definisi komputasi yang didasarkan pada sebaran dari penandaan yang ada pada elemen. Prosedur ini dinilai tidak cukup konsisten dalam aplikasinya jika hanya menggunakan satu nilai untuk tiap elemen dari meshing pada penentuan variabel yang mendefinisikan tingkatan fluida. Hal tersebut kemudian memacu Hirt dan Nichols (Nichols & Hirt, 1982) untuk menciptakan suatu metode yang disebut *Fractional Volume of Fluid* (VOF). Beberapa aplikasi penggunaan teori ini adalah *jet breakup*, gerakan gelembung pada cairan, gerakan cairan dengan adanya dinding penghalang dan penelusuran stabil maupun tidak terhadap permukaan cairan-gas.

Adapun batasan-batasan teori VOF pada FLUENT, yaitu antara lain :

- Harus menggunakan *solver* dengan tipe *pressure-based*. Pemodelan VOF tidak tersedia pada *solver* dengan tipe *density-based*.
- Volume pada model harus diisi dengan baik satu fase maupun kombinasi fase dari suatu fluida. Pemodelan VOF tidak mengizinkan daerah yang kosong atau ada salah tipe fluida tidak diikutsertakan.
- Hanya salah satu fase yang dapat dipilih sebagai *compressible ideal gas*.
- Formulasi langkah waktu tipe *second-order implicit* tidak dapat digunakan pada teori VOF untuk skema eksplisit.

Formulasi dari teori VOF pada FLUENT secara umum menggunakan solusi komputasi dengan waktu sebagai parameternya, pada formulasi ini juga menerapkan pada aplikasinya bahwa dua atau lebih fluida pada model tidak saling bercampur. Pada tiap penambahan fase pada suatu model VOF, ada beberapa variabel yang ada, yaitu : kolom komputasi volume yang pecah pada tiap fase. Pada tiap volume, volume yang pecah dari semua fase dijumlahkan kedalam satu total kesatuan. Daerah untuk semua variabel dan karakteristik yang ada dipisahkan sebagai fase dan volume yang ada yaitu nilai rata-ratanya. Sehingga variabel dan karakteristik yang diberikan pada tiap kolom merupakan gambaran dari salah satu fase maupun campuran dari fase, tergantung nilai dari volume yang pecah. Dapat disimpulkan bahwa, jika q^{th} dari kolom volume fluida yang terpecah yaitu dinotasikan sebagai α_q , sehingga dapat diklasifikasikan tiga kondisi yang berpeluang terjadi, yaitu :

- $\alpha_q = 0$: kolom bersifat kosong (pada nilai q^{th} fluida)
- $\alpha_q = 1$: kolom terisi (pada nilai q^{th} fluida)
- $0 < \alpha_q < 1$: kolom bernilai pertemuan antara nilai q^{th} fluida satu dengan fluida lain.

2.9.1 Persamaan *Volume Fraction*

Penelusuran dari pertemuan antar fase yang penyelesaiannya menggunakan rumus dari persamaan kontinuitas dari pecahan volume untuk satu atau lebih fase yang digunakan. Untuk fase q^{th} , persamaan akan menjadi :

$$\frac{1}{\rho_q} \left[\frac{\partial}{\partial t} (\alpha_q \rho_q) + \nabla \cdot (\alpha_q \rho_q \vec{v}_q) \right] = S_{\alpha_q} + \sum_{p=1}^n (\dot{m}_{pq} - \dot{m}_{qp}) \quad (2.45)$$

Dimana, \dot{m}_{qp} merupakan perpindahan massa dari fase q ke fase p , dan \dot{m}_{pq} merupakan perpindahan massa dari fase p ke fase q . Berdasarkan tetapan, solusi persamaan pada sisi kanan adalah bernilai nol, namun sebagai *user* kita dapat menentukan untuk pilihan konstan atau *user-defined* untuk tiap fase. Persamaan dari *Volume Fraction* tidak dapat diselesaikan untuk fase primer, fase primer pada persamaan ini akan dianggap sebagai berikut :

$$\sum_{q=1}^n \alpha_q = 1 \quad (2.46)$$

Penyelesaian persamaan *Volume Fraction* dibagi menjadi dua tipe berdasarkan diskritisasi waktu yang digunakan, yaitu implisit dan eksplisit. Namun, dalam penelitian kali ini hanya mode diskritisasi implisit yang akan dipaparkan secara mendetail pada sub-bab selanjutnya.

Ketika skema implisit digunakan sebagai diskritisasi waktu yang dipakai, skema interpolasi umum yang digunakan oleh FLUENT adalah skema QUICK, Second Order Upwind dan First Order Upwind, dan Modified HRIC, untuk mendapatkan permukaan aliaran pada semua kolom, termasuk fase pertemuan kedua fase.

$$\frac{\alpha_q^{n+1} \rho_q^{n+1} - \alpha_q^n \rho_q^n}{\Delta t} V + \sum_f (\rho_q^{n+1} U_f^{n+1} U_{q,f}^{n+1}) = \left[S_{\alpha_q} + \sum_{p=1}^n (\dot{m}_{qp} - \dot{m}_{pq}) \right] V \quad (2.47)$$

2.9.2 Persamaan Momentum

Persamaan momentum tunggal dapat diselesaikan untuk tiap domain, dan hasil dari daerah kecepatan adalah disebarkan diantara kedua fase. Persamaan momentum, seperti yang

ditunjukkan pada pers. (2.48), adalah tergantung kepada pecahan volume dari seluruh fase untuk parameter ρ dan μ .

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho \vec{v} + \nabla \cdot (\rho \vec{v} \vec{v})) = -\nabla p + \nabla[\mu(\nabla \vec{v} + \nabla \vec{v}^T)] + \rho \vec{g} + \vec{F} \quad (2.48)$$

Perlu dicatat bahwa jika rasio viskositas dengan nilai lebih dari 1×10^3 , hal tersebut akan mengakibatkan suatu tingkat kesulitan terhadap proses yang iterasi terjadi dikarenakan karena terjadi fenomena konvergensi.

2.9.3 Pengenalan ANSYS FLUENT

Dalam pengerjaan ini dibantu oleh beberapa *software* bawaan CFD seperti Desain modeler, GAMBIT dan FLUENT. Masing-masing memiliki fungsi sendiri. GAMBIT dipakai untuk membuat dan melakukan meshing pada bagian fluida untuk permasalahan aliran. Sedangkan Fluent merupakan salah satu jenis program CFD yang menggunakan volume hingga. Fluent juga menyediakan fleksibilitas *mesh* yang lengkap, sehingga dapat menyelesaikan kasus aliran fluida dengan mesh (*grid*) yang tidak terstruktur sekalipun dengan cara yang relatif mudah.

Jenis mesh yang didukung oleh FLUENT adalah tipe 2D, *quadrilateral*, 3D, *tetrahedral-hexahedral-pyramid-wedge*, dan mesh campuran (*hybrid*). FLUENT juga dapat memperhalus atau memperbesar *mesh* yang sudah ada. FLUENT sendiri ditulis dalam bahasa C, sehingga memiliki struktur data yang efisien dan lebih fleksibel.

FLUENT sering dipakai dalam dunia industri khususnya untuk mendesain sistem fluida dan juga menganalisa kegagalan suatu sistem fluida. FLUENT menjadi begitu berarti karena relatif mudah digunakan, model yang realistik (tersedia dalam berbagai pilihan *solver*), diskritisasi atau *meshing* model yang efisien, cepat dalam penyajian hasil (karena bias dipakai secara paralel), dan visualisasi yang mudah dimengerti.

2.9.4 Metode Diskritisasi FLUENT

Fluent sebenarnya menggantikan persamaan-persamaan diferensial parsial dari kontinuitas, momentum, dan energi dengan persamaan-persamaan aljabar. CFD merupakan pendekatan dari persoalan yang asalnya kontinum (memiliki jumlah sel tak terhingga) menjadi model yang diskrit (jumlah sel terhingga). Perhitungan/komputasi aljabar untuk memecahkan persamaan-persamaan diferensial parsial ini ada beberapa metode (metode diskritisasi), diantaranya adalah:

- a) Metode beda hingga (*finite difference method*).
- b) Metode elemen hingga (*finite elements method*).
- c) Metode volume hingga (*finite volume method*).
- d) Metode elemen batas (*boundary element method*).
- e) Metode skema resolusi tinggi (*high resolution scheme method*).

Metode diskritisasi yang dipilih umumnya menentukan kestabilan dari program numerik/CFD yang dibuat atau program *software* yang ada. Oleh karenanya diperlukan kehati-hatian dalam cara mendiskritkan model khususnya cara mengatasi bagian yang kosong atau diskontinyu. FLUENT sendiri menggunakan metode volume hingga.

Proses Pengerjaan:

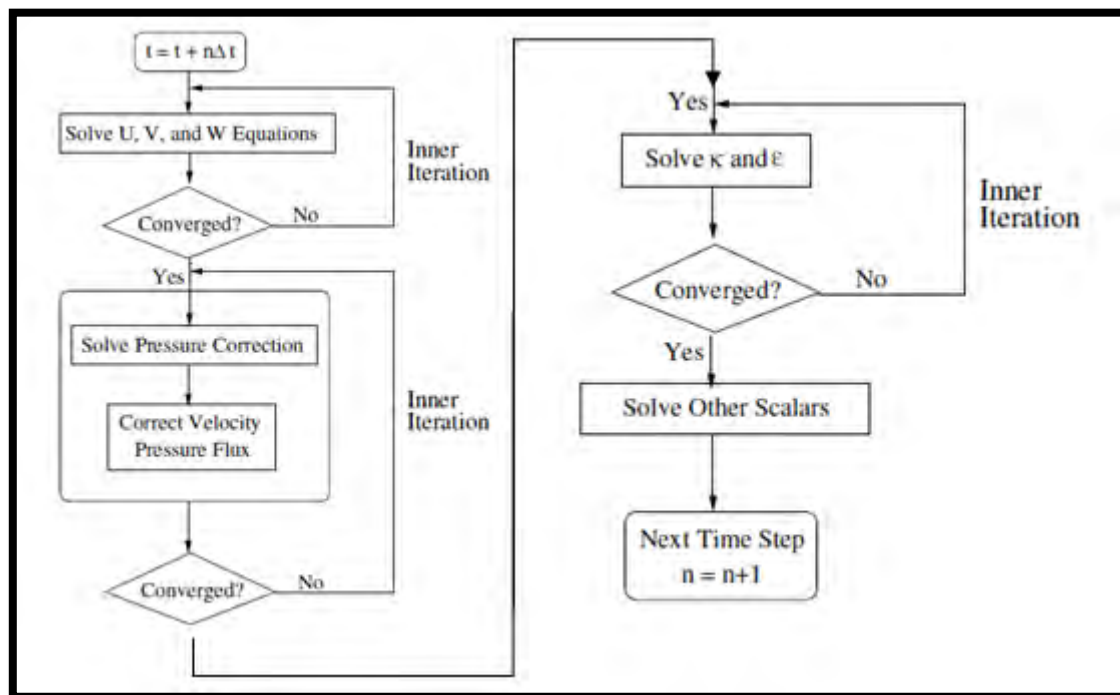
- a) Membaca file bentuk *meshing* yang didapat dari program CAD/Modeler. Selanjutnya FLUENT akan membaca file *mesh* dan melaporkan kemajuannya di layar.
- b) Memeriksa *Grid*. Prosedur ini dilakukan untuk memeriksa integrity dari file *mesh*. Minimum volume diharuskan bernilai positif.
- c) Memeriksa skala dari *Grid*. Kemudian dilihat bagian kotak “Domain Extents”. Jika di sana sesuai dengan dimensi sebenarnya maka dibiarkan. Bila tidak sesuai, *Grid* harus diskala sesuai dengan ukurannya.
- d) Menampilkan *Grid*. Di sini akan ditambahkan warna agar gambar tampilan dari *Grid* benar-benar terlihat. Setelah selesai, maka biarkan grafik ditampilkan.

2.9.5 Solver pada FLUENT

FLUENT adalah salah satu jenis program CFD yang menggunakan metode volume hingga. FLUENT menyediakan fasilitas *meshing* sehingga dapat menyelesaikan kasus fluida dengan *meshing* yang diimport dari *software* permodelan *meshing*. FLUENT memiliki kelengkapan dalam fleksibilitas *meshing* sehingga bentuk mesh (grid) yang tidak beraturan sekalipun dapat dicari solusinya.

Jenis mesh yang didukung Fluent adalah tipe 2D *triangular quadrilateral*, 3D, *tetrahedral-hexahedral-pyramid-wedge*, dan *mesh* campuran (hybrid). FLUENT juga memungkinkan anda untuk memperhalus atau memperbesar *mesh* yang sudah ada. FLUENT sendiri ditulis dalam bahasa C, sehingga memiliki struktur data yang efisien dan lebih fleksibel. FLUENT juga dapat digunakan bersama dengan arsitektur klien/server, sehingga dapat dijalankan sebagai proses terpisah secara simultan pada klien *desktop workstation* dan komputer *server*. Solver pada

FLUENT dalam kasus *volume of fluid multiphase* dalam tugas akhir ini menggunakan *solver pressure based* dimana memiliki skema sebagai berikut :



Gambar 2.20 Skema Solver pada *Volume of Fluid* Multifase (Anwar, 2013).

2.10 Grid Independence

Dilatarbelakangi oleh tingkat kompleksitas dari atribut-atribut yang non-linier pada persamaan momentum *Navier-Stokes* dan persamaan energi dari kebanyakan permasalahan aliran yang dipengaruhi oleh viskositas cairan harus diselesaikan dengan metode numerik. *Grid (meshing)* digunakan untuk merepresentasikan permasalahan pada metode CFD yang didasarkan pada teori *Finite Volume Elements*. Sehingga, banyak muncul berbagai jenis *grid* komputasi dengan kualitas tinggi pada penggunaan metode CFD dan telah banyak tersedia literatur yang mendukung pemodelan *grid*. Berikut adalah parameter yang mempengaruhi pemodelan *grid* pada metode CFD :

1. *Spacing*. Pendefinisian *grid* memerlukan tingkat kerapatan untuk dapat menghasilkan konservasi dari massa dan momentum pada suatu level tertentu. Maka, mengurangi ukuran *grid* mengakibatkan kebutuhan akan kemampuan dan kualitas komputasi yang tinggi pula. Kebutuhan tersebut bergantung pada tipe dari solusi algoritma yang dipilih. Pada permasalahan tertentu, membutuhkan penetapan *time step* yang didasarkan pada ukuran

grid (*mesh* kecil membutuhkan *time step* yang lebih kecil). Proses tersebut diatur oleh *Courant number*, yang akan dipengaruhi oleh besar kecilnya *time step* yang digunakan.

2. *Resolution*. Jarak dari *grid* sebisa mungkin dalam ukuran yang kecil yang dimaksudkan untuk menentukan pola aliran pada seluruh kondisi batas. Pada hal ini penting dalam penggunaan model turbulen, dimana posisi dari *grid* yang paling dekat dengan dinding memiliki pengaruh yang besar terhadap kualitas hasil metode CFD.
3. *Geometry*. Meskipun bukan merupakan parameter utama dalam permasalahan pemodelan *grid*, namun *grid* harus memberikan representasi tingkat akurasi dari geometri yang digunakan. Hal ini akan sangat penting ketika ada perubahan ukuran *grid* dalam bentuk yang kecil (seperti riak dari gerakan fluida) pada permukaan dinding.

Pemodelan permasalahan *sloshing* dimodelkan dengan mode aliran turbulen, yaitu model $k-\epsilon$. Ketika permasalahan melibatkan dua fluida, hanya salah satu domain kecepatan yang dianalisis. CFX menawarkan 3 skema diskritisasi spasial yang berbeda :

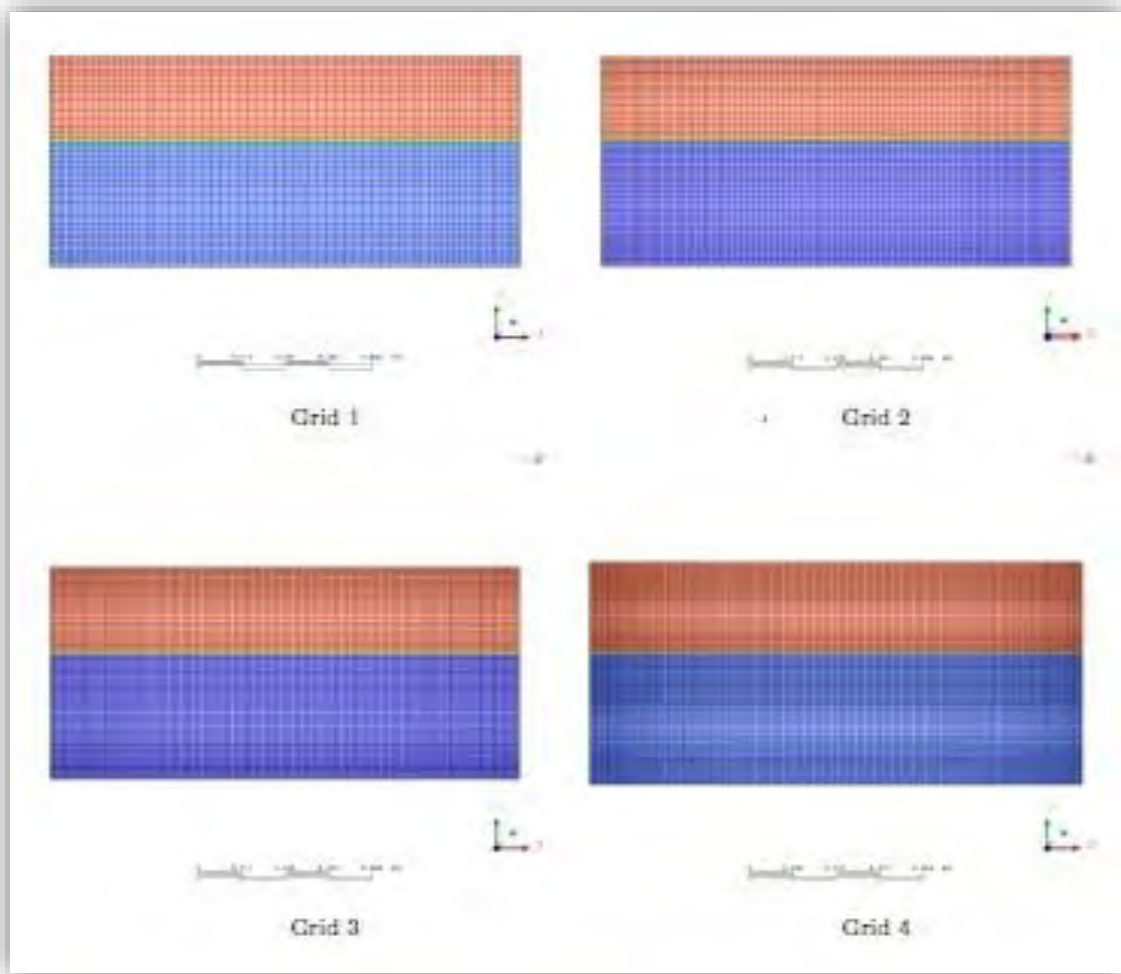
- *First Order Upwind Scheme*. Merupakan metode pendekatan robust numerik, namun mengacu pada difusi numerik.
- *Specified Blend Factor*. Yaitu, '*Anti-Diffusive Flux*', yang dipengaruhi oleh variabel skalar $0 \leq \beta \leq \sqrt{3}$, dimana $\beta = 0$ adalah diskritisasi spasial sebelumnya dan $\beta = 1$ yaitu skema dengan tingkat keakuratan dibawahnya.
- *High Resolution*. Pada metode diskritisasi ini digunakan nilai $\beta = 1$ pada daerah yang memiliki variabel aliran yang rendah, dimana skema diskritisasi yang pertama digunakan ketika gradien meningkat. Variabel β dimasukkan dalam proses diskritisasi pada pola aliran yang terbentuk.

2.11 Teori Analisis Tingkat Kesalahan Meshing

Pada umumnya, hasil analisa dari metode CFD yang dipakai dalam prosedur pada penentuan *grid independence* adalah :

- *Pressure*.
- *Force*.
- *Free Surface Position*.

Pada akhirnya, mode konvergensi dari algoritma dapat dilakukan.



Gambar 2.21 Empat (4) Variasi Meshing pada Tahap *Grid Independence*.

Penelitian tentang *grid independence* adalah didasarkan pada teori yang dipaparkan oleh Richardson (Roache, 1997). Diasumsikan bahwa algoritma dari parameter k digunakan pada *grid* dengan ratio penghalusan kolom $r = n_2/n$, $r > 1$, atau dapat dituliskan menjadi :

$$I - I_n = C_n \cdot n^{-k} \quad (2.49)$$

Dimana I adalah solusi sebenarnya, I_n adalah solusi yang menggunakan titik n dan C_n adalah konstan. Menggantikan n pada pers. (2.49) dengan rn memberikan analogi penggambaran untuk untuk *grid* yang halus dengan :

Rasio tingkat kehalusan r

$$I - I_{rn} = C_{rn} \cdot (rn)^{-k} \quad (2.50)$$

Dengan asumsi bahwa

$$I \approx \frac{r^k I_{rn} - I_n}{r^k - 1} \quad (2.51)$$

Diberikan nilai ekstrapolasi Richardson's ($I \approx R_{est}$). Dengan tingkat eror pada *grid* yang dihaluskan adalah :

$$E_{rn} = |R_{est} - I_{rn}| \quad (2.52)$$

Kemudian mengganti R_{est} dengan persamaan I tingkat eror oleh Richardson adalah :

$$E_{rn} = \left| \frac{I_n - I_{rn}}{r^k - 1} \right| \quad (2.53)$$

Ingat bahwa estimasi eror Richardson dapat digunakan pada kuantitas efek global (*force, momentum*), begitu pula dengan efek lokal (*pressure, velocity*) yang ada pada persamaan. Pada pers. (2.40) hanya algoritma terhadap laju konvergen k yang tidak dapat secara langsung didapat dari proses penyelesaian komputasi. Roache memberikan hasil untuk menetapkan konvergensi pada algoritma menggunakan tiga *grid*, dengan dua rasio penghalusan *grid* r_1 dan r_2 :

$$\frac{\epsilon_{1,2}}{r_1^k - 1} = r_2^k \left[\frac{\epsilon_{2,3}}{r_2^k - 1} \right] \quad (2.54)$$

Dimana rasio penghalusan $r_1 = n_2/n_1$, $r_2 = n_3/n_2$ dengan $r_1 \neq r_2$ dan k adalah algoritma rata-rata dari konvergen. Pada *grid* 1 adalah yang paling kasar dan *grid* 3 adalah *grid* yang paling halus. Pers. (2.42) memberikan nilai ϵ :

$$\epsilon_{i,i+1} = \phi_{i+1} - \phi_i, \quad (2.55)$$

Dimana $i = 1,2$ untuk aliran global maupun lokal ϕ . Pers. (2.55) tidak dapat memberikan solusi secara langsung, sehingga langkah-langkah yang digunakan adalah prosedur iterasi yang diajukan oleh Roache :

$$k = \omega \rho + (1-\omega) \frac{\ln \beta}{\ln r_2} \quad (2.56)$$

$$\beta = \frac{r_2^\rho - 1}{r_1^\rho - 1} \left(\frac{\epsilon_{1,2}}{\epsilon_{2,3}} \right) \quad (2.57)$$

Dimana $\rho = k_{sebelumnya}$ dan $\omega = 0.5$ adalah *relaxation parameter*. Berdasarkan prosedur implementasi yang diberikan oleh pers. (2.43) menggunakan perangkat lunak MATLAB, rata-rata nilai konvergensi k pada algoritma telah ditetapkan dengan nilai sebesar $k = 1.87$.

Untuk tujuan pada penelitian kali ini persamaan tingkat eror (*non-dimensional*) adalah :

$$\epsilon' = \frac{\phi_{current} - \phi_{reference}}{\phi_{reference,max}} \quad (2.58)$$

Pada estimasi tingkat eror Richardson tersebut tidak dapat menggambarkan kuantitas aliran. Rumusan tersebut merupakan nilai signifikan dalam penentuan tingkat kesesuaian terhadap *grid* pada kasus *sloshing*. Rataan, tingkat eror berdasarkan perbedaan tekanan pada suatu nilai n dirumuskan sebagai :

$$\bar{\epsilon}' = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |\Delta P_i| \quad (2.59)$$

Dengan nilai simpangan baku atau kuadrat rata-rata didefinisikan sebagai :

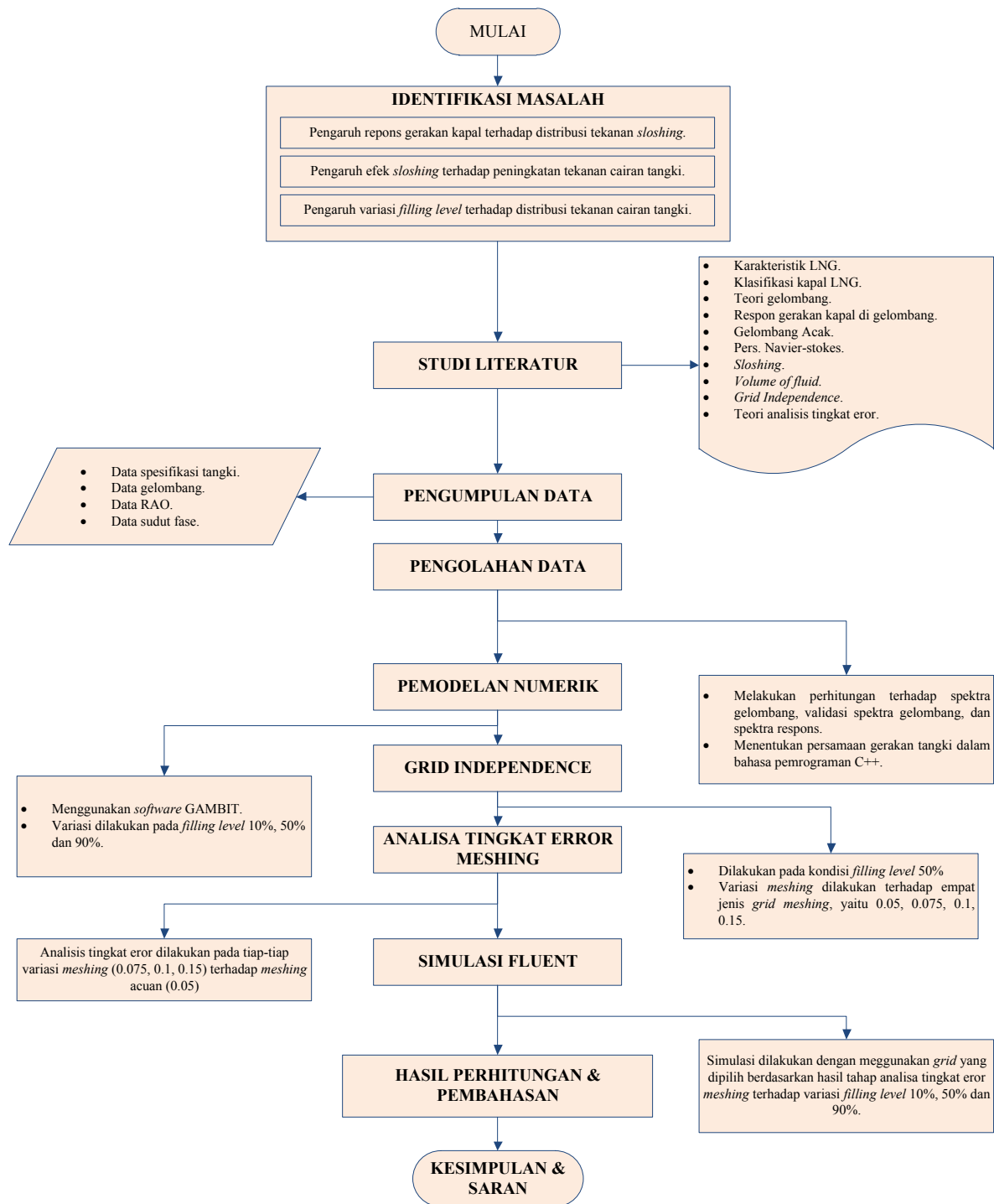
$$\bar{\epsilon}'_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\Delta P_i)^2}, \quad (2.60)$$

Rumusan diatas dapat digunakan untuk memfokuskan pada daerah dengan tingkat eror yang besar (Godderidge, Tab, Turnock, & Earl, 2006).

BAB III METODOLOGI

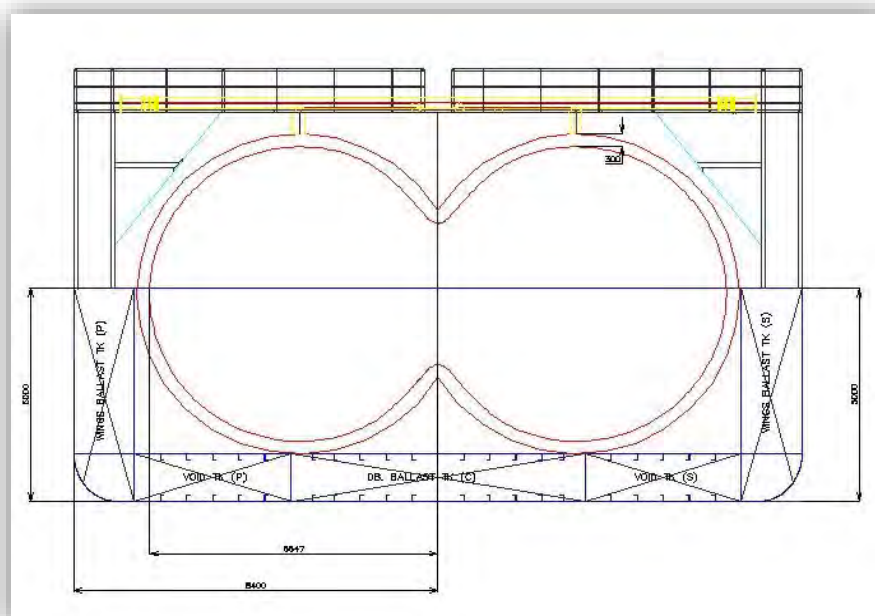
3.1 Diagram Alir

Urutan pelaksanaan pemodelan pada tugas akhir ini didasarkan pada diagram alir yang tertera sebagai berikut :



3.2 Pengumpulan Data

3.2.1 Data Spesifikasi Tangki LNG



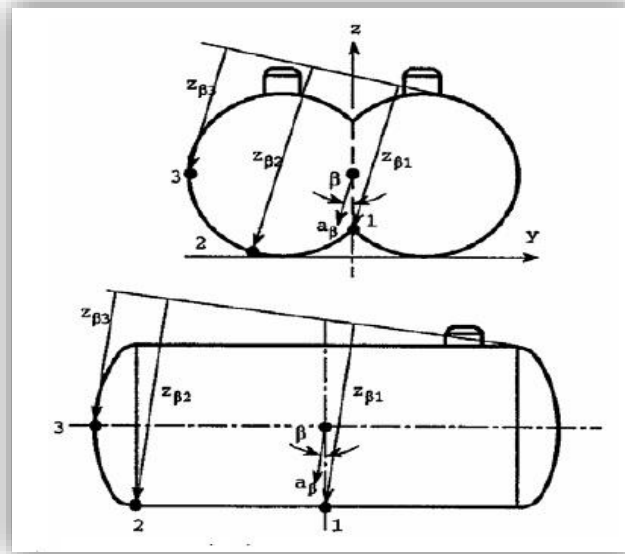
Gambar 3.1 Penampang Melintang Kapal & Tangki *Bilobe* LNG.

Gambar 3.1 merupakan penampang melintang kapal beserta tangki LNG jenis *bilobe* yang akan dipakai sebagai acuan dalam pemodelan pada tugas akhir kali ini. Data ukuran utama tangki LNG jenis *bilobe* tersebut merupakan acuan yang dipakai pada pemodelan numerik 2D menggunakan *software* GAMBIT. Adapun dimensi yang terkait dengan ukuran utama tangki tersebut adalah :

Tabel 3.1 Dimensi Utama Tangki.

| <i>Items</i> | <i>Dimension</i> | <i>Units</i> |
|--------------------------------|------------------|-------------------|
| <i>Section Area</i> | 73.84 | [m ²] |
| <i>Length</i> | 17.2 | [m] |
| <i>Volume</i> | 1270 | [m ³] |
| <i>Thickness of Insulation</i> | 300 | [mm] |
| <i>Tank Half Breadth</i> | 6.65 | [m] |
| <i>Tank Height</i> | 6.9 | [m] |

Data karakteristik tangki yang juga diperlukan dalam pemodelan numerik dengan GAMBIT serta analisa *sloshing* dengan FLUENT adalah data titik berat tangki. (Senjanovic, Slapnicar, Mravak, Rudan, & Ljustina, 2008) tentang analisis struktur pada tangki ruang muat kapal dengan muatan *liquid gasses* beserta pemaparan letak titik berat tangki, baik secara melintang maupun memanjang, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.2 dibawah ini:



Gambar 3.2 Titik Berat Tangki LNG Tipe *Independent Self Supporting Tank* Jenis *Bilobe*, Ditunjukkan dengan Simbol β (Senjanovic, Slapnicar, Mravak, Rudan, & Ljustina, 2008).

3.2.2 Data Gelombang

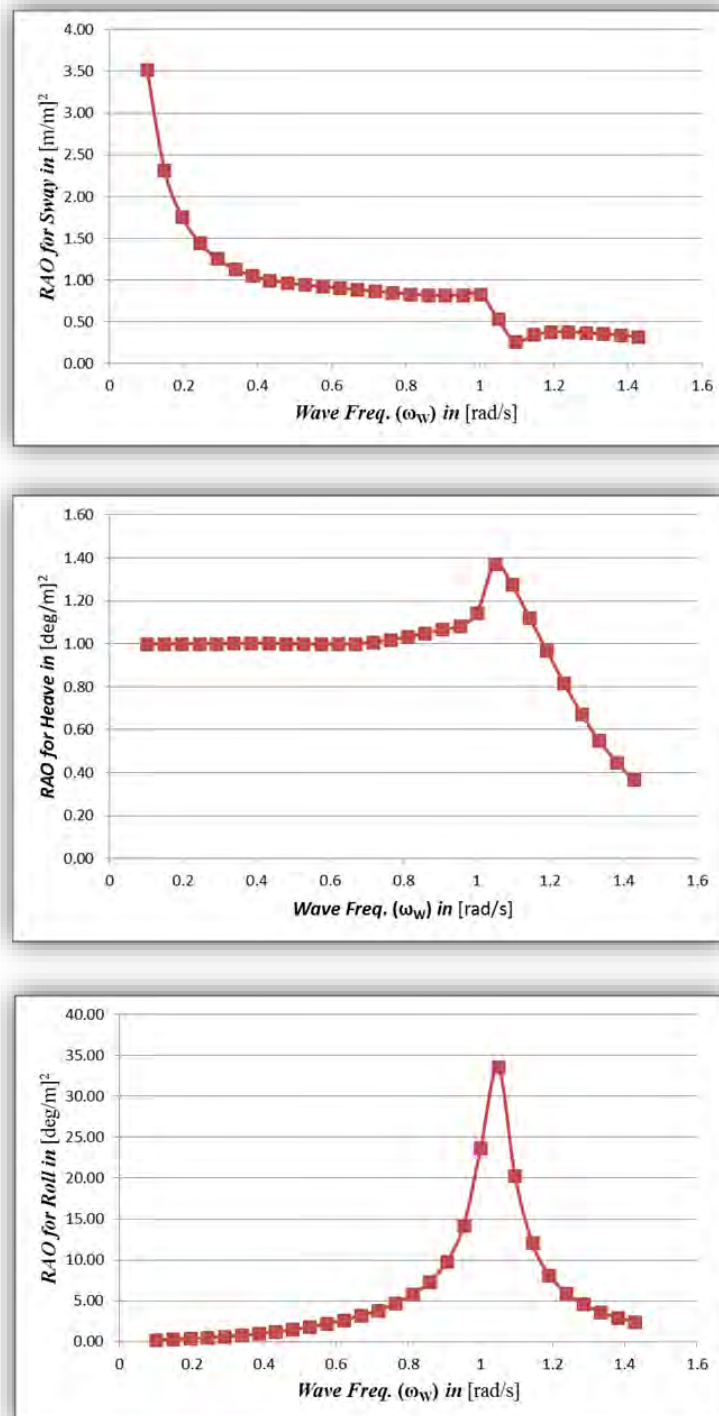
Pada tugas akhir kali ini, data gelombang diperoleh dari data yang dirilis oleh BMKG dimana kondisi perairan yang di observasi adalah perairan diantara Bontang dan Samarinda. Seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3.2, yang merupakan ringkasan dari observasi gelombang kurun waktu panjang oleh BMKG yang akan dipakai sebagai input pengolahan data pada tugas akhir ini :

Tabel 3.2 Input Data Gelombang Perairan Bontang – Samarinda.

| Data Gelombang | | | |
|-----------------------------------|---------|-------|----------|
| <i>Significant of Wave Height</i> | (H_s) | 2.33 | [m] |
| <i>Wave Heading Angle</i> | (μ) | 90 | [degree] |
| <i>Wind Speed</i> | (U_w) | 14.61 | [m/s] |

3.2.3 Data Response Amplitude Operator (RAO)

Data *Response Amplitude Operator* (RAO) mengacu pada data hasil RAO kapal LNG pada tugas akhir (Romansyah, 2014), yang telah melakukan analisis terhadap *seakeeping* untuk kapal dan daerah pelayaran yang sama.



Gambar 3.3 Grafik RAO untuk Gerakan *Sway*, *Heave*, dan *Roll* (Romansyah, 2014).

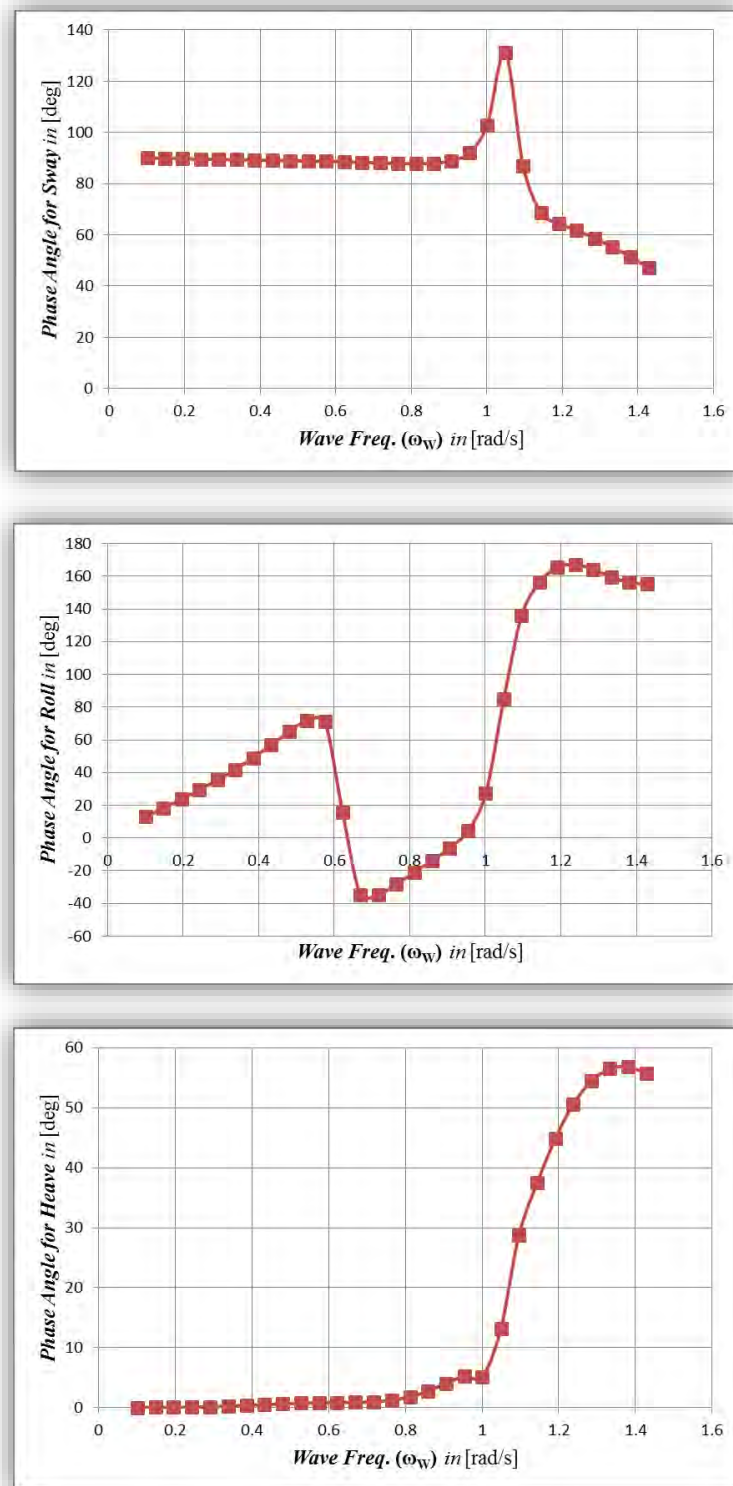
Data RAO yang diambil merupakan data untuk arah *heading* $\mu = 90^0$ pada mode gerakan *Sway*, *Heave* dan *Roll*. Untuk memudahkan pengamatan terhadap data RAO diatas, berikut adalah nilai-nilai koordinatnya :

Tabel 3.3 Koordinat RAO Kapal LNG (Romansyah, 2014).

| <i>Wave Freq</i> (ω_w) | RAO | | |
|------------------------------------|---|--|--|
| | <i>Sway</i> (y_a/ζ_a) ² | <i>Heave</i> (z_a/ζ_a) ² | <i>Roll</i> (ϕ_a/ζ_a) ² |
| [rad/s] | [m/m] ² | [m/m] ² | [deg/m] ² |
| 0.101 | 3.523 | 1.000 | 0.199 |
| 0.148 | 2.320 | 1.000 | 0.292 |
| 0.195 | 1.763 | 1.000 | 0.395 |
| 0.243 | 1.450 | 1.001 | 0.510 |
| 0.29 | 1.257 | 1.001 | 0.642 |
| 0.338 | 1.134 | 1.002 | 0.798 |
| 0.385 | 1.053 | 1.002 | 0.984 |
| 0.432 | 1.001 | 1.002 | 1.210 |
| 0.48 | 0.968 | 1.001 | 1.482 |
| 0.527 | 0.944 | 0.999 | 1.806 |
| 0.575 | 0.924 | 0.998 | 2.188 |
| 0.622 | 0.906 | 0.999 | 2.642 |
| 0.669 | 0.888 | 1.001 | 3.184 |
| 0.717 | 0.870 | 1.008 | 3.843 |
| 0.764 | 0.852 | 1.019 | 4.675 |
| 0.812 | 0.835 | 1.033 | 5.775 |
| 0.859 | 0.822 | 1.049 | 7.338 |
| 0.906 | 0.816 | 1.066 | 9.788 |
| 0.954 | 0.824 | 1.084 | 14.228 |
| 1.001 | 0.835 | 1.144 | 23.737 |
| 1.049 | 0.536 | 1.371 | 33.617 |
| 1.096 | 0.261 | 1.275 | 20.269 |
| 1.144 | 0.347 | 1.120 | 12.069 |
| 1.191 | 0.379 | 0.969 | 8.160 |
| 1.238 | 0.382 | 0.815 | 5.959 |
| 1.286 | 0.373 | 0.673 | 4.574 |
| 1.333 | 0.358 | 0.550 | 3.635 |
| 1.381 | 0.341 | 0.449 | 2.956 |
| 1.428 | 0.323 | 0.366 | 2.430 |

3.2.4 Data Sudut Fase

Hal yang sama juga dilakukan terhadap data sudut fase yang juga mengacu kepada hasil tugas akhir (Romansyah, 2014). Berikut adalah grafik terhadap hasil sudut fase kapal LNG :



Gambar 3.4 Grafik Sudut Fase Kapal LNG (Romansyah, 2014).

Berikut adalah koordinat grafik dari sudut fase kapal LNG (Romansyah, 2014) yang dilakukan pada daerah pelayaran Bontang - Samarinda :

Tabel 3.4 Koordinat Grafik Sudut Fase Kapal LNG (Romansyah, 2014).

| <i>Wave Freq</i> (ω_w) | <i>Phase</i> | | |
|------------------------------------|--------------|-------------|--------------|
| | <i>Sway</i> | <i>Roll</i> | <i>Heave</i> |
| | [deg] | [deg] | [deg] |
| 0.101 | 90.022 | 12.887 | 0.040 |
| 0.148 | 89.875 | 18.203 | 0.064 |
| 0.195 | 89.735 | 23.663 | 0.095 |
| 0.243 | 89.603 | 29.331 | 0.137 |
| 0.29 | 89.478 | 35.332 | 0.195 |
| 0.338 | 89.356 | 41.845 | 0.275 |
| 0.385 | 89.237 | 49.007 | 0.384 |
| 0.432 | 89.117 | 56.816 | 0.520 |
| 0.48 | 88.993 | 64.860 | 0.668 |
| 0.527 | 88.861 | 71.687 | 0.797 |
| 0.575 | 88.710 | 71.012 | 0.796 |
| 0.622 | 88.538 | 15.773 | 0.870 |
| 0.669 | 88.342 | -34.739 | 0.906 |
| 0.717 | 88.132 | -34.632 | 1.009 |
| 0.764 | 87.939 | -28.169 | 1.292 |
| 0.812 | 87.842 | -20.830 | 1.863 |
| 0.859 | 88.024 | -13.679 | 2.802 |
| 0.906 | 88.963 | -6.144 | 4.071 |
| 0.954 | 92.101 | 4.530 | 5.244 |
| 1.001 | 102.971 | 27.248 | 5.203 |
| 1.049 | 131.190 | 85.139 | 13.215 |
| 1.096 | 86.992 | 135.961 | 28.744 |
| 1.144 | 68.495 | 156.515 | 37.526 |
| 1.191 | 64.533 | 165.388 | 44.821 |
| 1.238 | 61.729 | 167.153 | 50.594 |
| 1.286 | 58.687 | 164.114 | 54.456 |
| 1.333 | 55.216 | 159.479 | 56.479 |
| 1.381 | 51.387 | 156.186 | 56.831 |
| 1.428 | 47.280 | 155.281 | 55.658 |

3.3 Perhitungan Spektra Gelombang

3.3.1 Spektra JONSWAP

Proses perhitungan spektra gelombang pada tugas akhir ini adalah memakai formulasi JONSWAP (Hasselmann, 1973):

$$S_{\zeta\zeta}(\omega) = \frac{5}{32} \beta \frac{H_s^2}{\omega_p} \left(\frac{|\omega|}{\omega_p} \right)^{-5} e^{\left(-\frac{5}{4} \left(\frac{\omega}{\omega_p} \right)^{-4} \right)}$$

$$S_{\xi\xi}(\omega) = 2^* S_{\zeta\zeta}(\omega)$$

Dimana,

$$\beta = (1 - 0.287 \ln(\gamma)) \gamma^\delta$$

Diberikan,

$$\delta = e^{\left(-\frac{1}{2} \left(\frac{|\omega| - \omega_p}{\sigma \omega_p} \right)^2 \right)}$$

$$\gamma = 2.5$$

= Parameter puncak atau *peakedness parameter*, yang memiliki nilai antara 1.0 sampai dengan 7.0, Untuk laut Utara mempunyai nilai 3.3.

= untuk perairan indonesia, nilai γ antara 2 s/d 2.5 (Djarmiko, 2012).

σ = Parameter bentuk atau *Shape Parameter*.

= 0.07 jika $\omega \leq \omega_0$

= 0.09 jika $\omega > \omega_0$

ω_p = Frekuensi puncak spektra.

T_p = Periode puncak spektra.

$$= \sqrt{\frac{180 * H_s}{g}}$$

$$= 6.539 \quad [s]$$

Maka,

$$\omega_p = \frac{2\pi}{T_p}$$

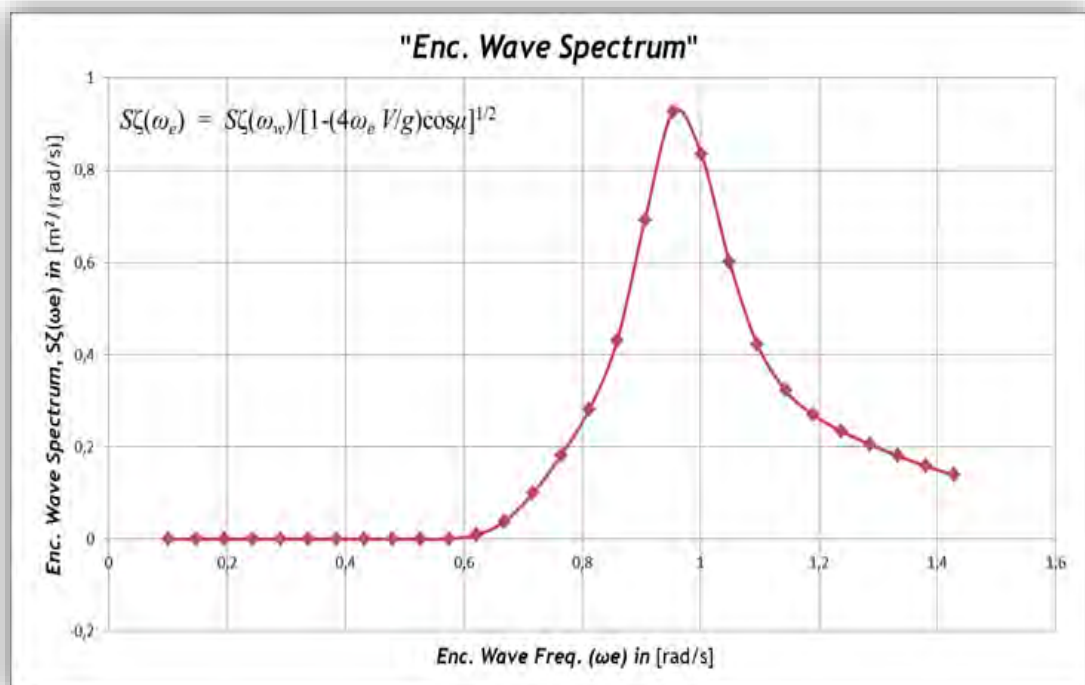
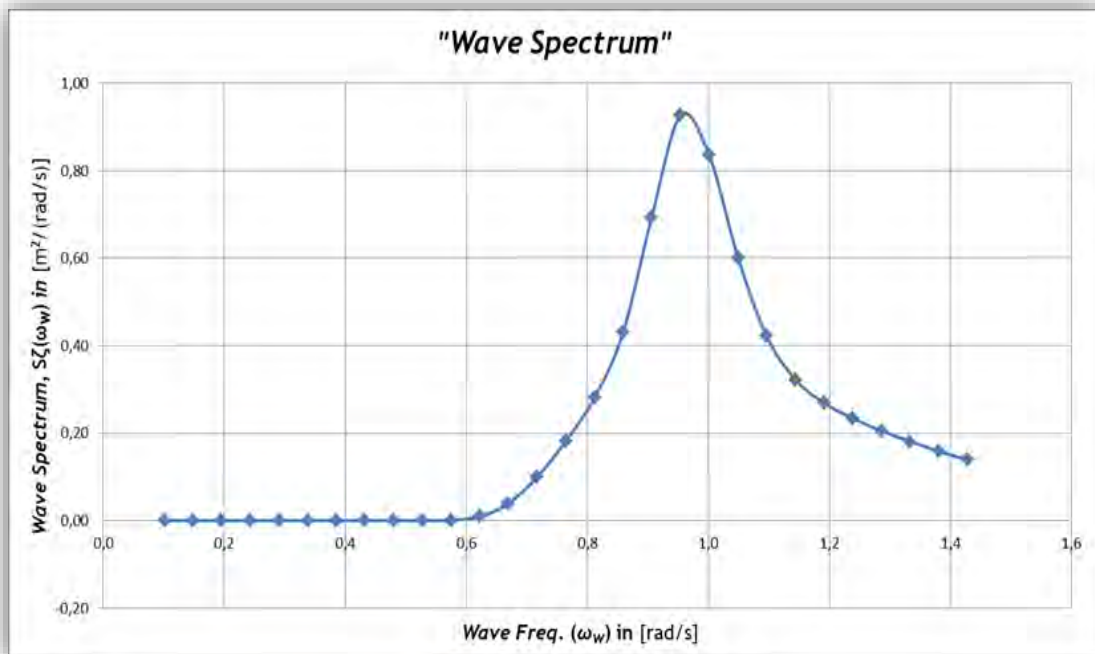
$$= 0.961 \quad [rad/s]$$

Berdasarkan parameter input diatas, maka langkah selanjutnya adalah melakukan proses perhitungan terhadap spektra JONSWAP. Tabel 3.5 merupakan ringkasan dari perhitungan formulasi JONSWAP sesuai dengan formulasi yang dipaparkan oleh (Hasselmann, 1973), yaitu :

Tabel 3.5 Proses Perhitungan Spektra JONSWAP

| <i>Wave Freq</i> (ω_w) | $\frac{\omega_w}{\omega_p}$ | σ | <i>Wave Spectrum</i> $S_{\zeta}(\omega_w)$ | $\eta = \frac{\omega_w V}{g} \cos \mu$ | $\omega_e = \omega_w * (1 - \mu)$ | <i>Enc. Wave Spectrum</i> $S_{\zeta}(\omega_e)$ |
|----------------------------------|-----------------------------|----------|---|--|-----------------------------------|--|
| [rad/s] | n.d | n.d | [m ² /(rad/s)] | n.d | [rad/sec] | [m ² /(rad/s)] |
| 0.101 | 0.105 | 0.07 | 0.0000 | 0 | 0.101 | 0.0000 |
| 0.148 | 0.154 | 0.07 | 0.0000 | 0 | 0.148 | 0.0000 |
| 0.195 | 0.203 | 0.07 | 0.0000 | 0 | 0.195 | 0.0000 |
| 0.243 | 0.253 | 0.07 | 0.0000 | 0 | 0.243 | 0.0000 |
| 0.290 | 0.302 | 0.07 | 0.0000 | 0 | 0.290 | 0.0000 |
| 0.338 | 0.352 | 0.07 | 0.0000 | 0 | 0.338 | 0.0000 |
| 0.385 | 0.401 | 0.07 | 0.0000 | 0 | 0.385 | 0.0000 |
| 0.432 | 0.450 | 0.07 | 0.0000 | 0 | 0.432 | 0.0000 |
| 0.480 | 0.500 | 0.07 | 0.0000 | 0 | 0.480 | 0.0000 |
| 0.527 | 0.548 | 0.07 | 0.0000 | 0 | 0.527 | 0.0000 |
| 0.575 | 0.598 | 0.07 | 0.0010 | 0 | 0.575 | 0.0010 |
| 0.622 | 0.647 | 0.07 | 0.0093 | 0 | 0.622 | 0.0093 |
| 0.669 | 0.696 | 0.07 | 0.0389 | 0 | 0.669 | 0.0389 |
| 0.717 | 0.746 | 0.07 | 0.0998 | 0 | 0.717 | 0.0998 |
| 0.764 | 0.795 | 0.07 | 0.1816 | 0 | 0.764 | 0.1816 |
| 0.812 | 0.845 | 0.07 | 0.2815 | 0 | 0.812 | 0.2815 |
| 0.859 | 0.894 | 0.07 | 0.4304 | 0 | 0.859 | 0.4304 |
| 0.906 | 0.943 | 0.07 | 0.6922 | 0 | 0.906 | 0.6922 |
| 0.954 | 0.993 | 0.07 | 0.9270 | 0 | 0.954 | 0.9270 |
| 1.001 | 1.042 | 0.09 | 0.8358 | 0 | 1.001 | 0.8358 |
| 1.049 | 1.092 | 0.09 | 0.6007 | 0 | 1.049 | 0.6007 |
| 1.096 | 1.141 | 0.09 | 0.4222 | 0 | 1.096 | 0.4222 |
| 1.144 | 1.190 | 0.09 | 0.3220 | 0 | 1.144 | 0.3220 |
| 1.191 | 1.239 | 0.09 | 0.2690 | 0 | 1.191 | 0.2690 |
| 1.238 | 1.288 | 0.09 | 0.2342 | 0 | 1.238 | 0.2342 |
| 1.286 | 1.338 | 0.09 | 0.2055 | 0 | 1.286 | 0.2055 |
| 1.333 | 1.387 | 0.09 | 0.1808 | 0 | 1.333 | 0.1808 |
| 1.381 | 1.437 | 0.09 | 0.1583 | 0 | 1.381 | 0.1583 |
| 1.428 | 1.486 | 0.09 | 0.1390 | 0 | 1.428 | 0.1390 |

Dari proses perhitungan spektra JONSWAP berdasarkan formulasi yang diberikan oleh (Hasselmann, 1973), maka dihasilkan kurva spektra gelombang sebagai dasar informasi pada langkah perhitungan berikutnya, yaitu :

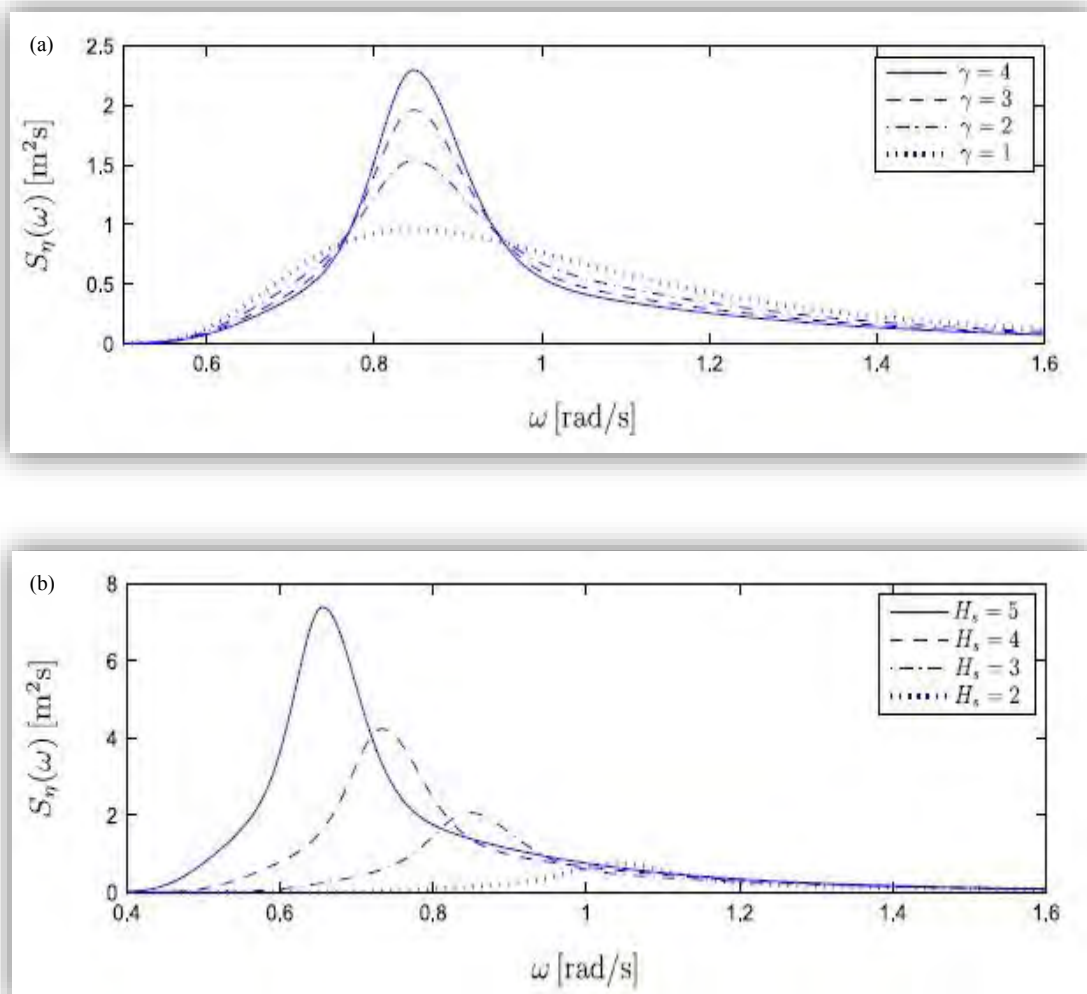


Gambar 3.5 Grafik Spektra Gelombang & Spektra Gelombang Papasan Berdasarkan Formulasi Hasselmann dkk (1973).

3.3.2 Validasi Spektra JONSWAP

Untuk mengetahui tingkat kebenaran dari rumusan yang dipakai serta hasil perhitungan spektra gelombang pada langkah sebelumnya [yang didasarkan pada formulasi Hasselmann dkk, (1973)], maka dipakailah penelitian yang dipaparkan oleh (Soren, 2014) sebagai validasi dari perhitungan spektra gelombang pada tugas akhir ini. Dalam penelitian tersebut dilakukan validasi terhadap pengujian alat pengonversi energi gelombang dengan formulasi JONSWAP yang dipaparkan oleh Hasselman dkk (1973).

Validasi pada penelitian yang dipaparkan oleh (Soren, 2014) dilakukan dengan melakukan variasi rumusan formulasi Hasselman terhadap nilai γ (parameter puncak) serta H_s (gelombang signifikan). Adapun hasil variasi terhadap formulasi Hasselman tersebut adalah :



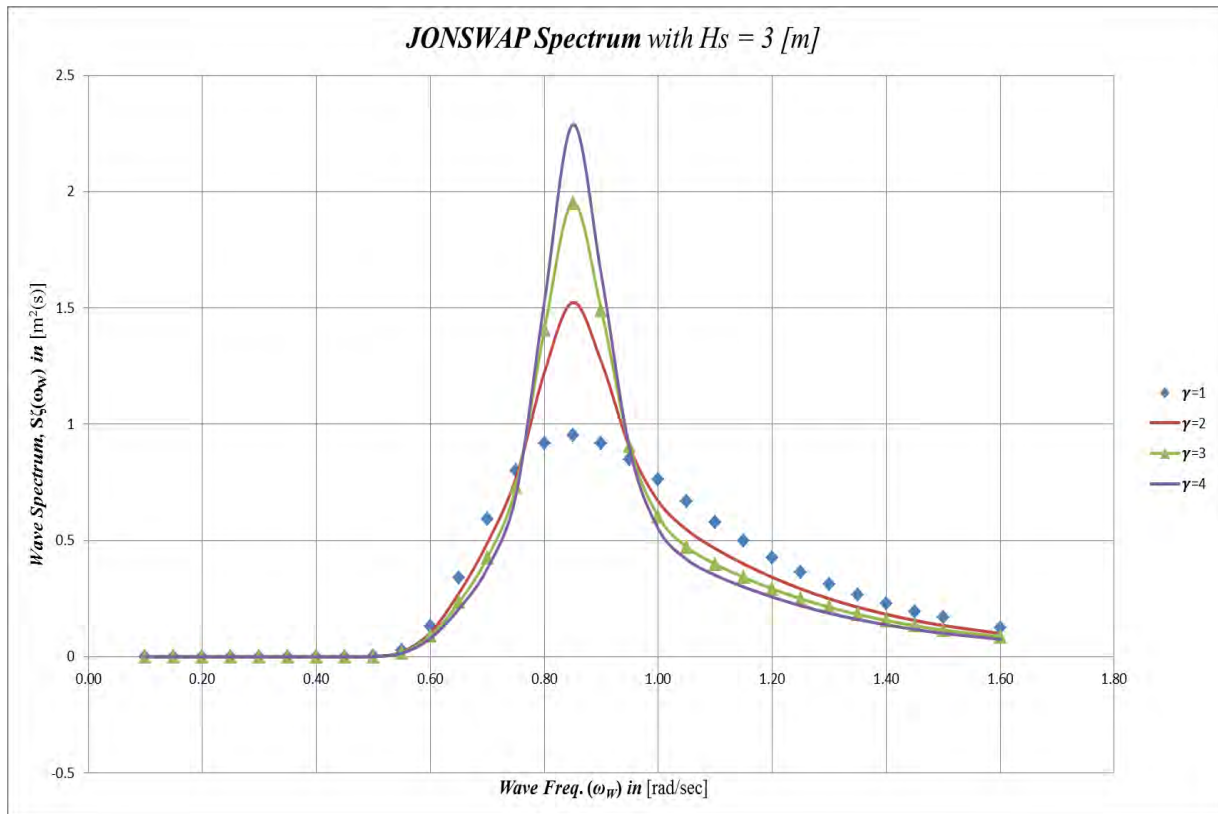
Gambar 3.6 Spektra JONSWAP. (a) dalam Fungsi Parameter Puncak γ , $H_s = 3 \text{ m}$. (b) dalam Fungsi Tinggi Gelombang Signifikan H_s , $\gamma = 3.3$.

Berdasarkan referensi hasil diatas, maka dengan langkah yang sama juga dilakukan pada tugas akhir ini, yaitu melakukan perhitungan spektra gelombang dengan formulasi Hasselmann (1973) sedemikian rupa hingga hasil perhitungan yang dilakukan memiliki grafik atau kurva yang sama dengan referensi acuan (Soren, 2014).

Tabel 3.6 Hasil Perhitungan JONSWAP's *Spectra* , dengan Variasi γ , $H_s = 3$ [m].

| Wave Freq (ω_w) | $\frac{\omega_w}{\omega_0}$ | σ | Wave Spectrum in [m²(s)] <i>As a function of the bandwidth parameter γ, $H_s = 3$ [m]</i> | | | |
|--|---|----------------------------|--|--------|---------|--------|
| [rad/sec] | n.d | n.d | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 0.10 | 0.118 | 0.07 | 0.0000 | 0.0000 | 0.00000 | 0.0000 |
| 0.15 | 0.177 | 0.07 | 0.0000 | 0.0000 | 0.00000 | 0.0000 |
| 0.20 | 0.236 | 0.07 | 0.0000 | 0.0000 | 0.00000 | 0.0000 |
| 0.25 | 0.295 | 0.07 | 0.0000 | 0.0000 | 0.00000 | 0.0000 |
| 0.30 | 0.354 | 0.07 | 0.0000 | 0.0000 | 0.00000 | 0.0000 |
| 0.35 | 0.413 | 0.07 | 0.0000 | 0.0000 | 0.00000 | 0.0000 |
| 0.40 | 0.472 | 0.07 | 0.0000 | 0.0000 | 0.00000 | 0.0000 |
| 0.45 | 0.531 | 0.07 | 0.0000 | 0.0000 | 0.00001 | 0.0000 |
| 0.50 | 0.590 | 0.07 | 0.0016 | 0.0013 | 0.00108 | 0.0009 |
| 0.55 | 0.649 | 0.07 | 0.0255 | 0.0205 | 0.01748 | 0.0154 |
| 0.60 | 0.708 | 0.07 | 0.1303 | 0.1044 | 0.08925 | 0.0785 |
| 0.65 | 0.768 | 0.07 | 0.3400 | 0.2732 | 0.23386 | 0.2059 |
| 0.70 | 0.827 | 0.07 | 0.5914 | 0.4893 | 0.42615 | 0.3798 |
| 0.75 | 0.886 | 0.07 | 0.7990 | 0.7681 | 0.73044 | 0.6929 |
| 0.80 | 0.945 | 0.07 | 0.9187 | 1.2220 | 1.40520 | 1.5252 |
| 0.85 | 1.004 | 0.09 | 0.9514 | 1.5233 | 1.95239 | 2.2887 |
| 0.90 | 1.063 | 0.09 | 0.9195 | 1.2686 | 1.49029 | 1.6423 |
| 0.95 | 1.122 | 0.09 | 0.8490 | 0.8977 | 0.90249 | 0.8905 |
| 1.00 | 1.181 | 0.09 | 0.7606 | 0.6680 | 0.60261 | 0.5506 |
| 1.05 | 1.240 | 0.09 | 0.6679 | 0.5458 | 0.47193 | 0.4185 |
| 1.10 | 1.299 | 0.09 | 0.5790 | 0.4651 | 0.39820 | 0.3506 |
| 1.15 | 1.358 | 0.09 | 0.4980 | 0.3990 | 0.34111 | 0.3000 |
| 1.20 | 1.417 | 0.09 | 0.4264 | 0.3416 | 0.29195 | 0.2567 |
| 1.25 | 1.476 | 0.09 | 0.3643 | 0.2918 | 0.24942 | 0.2193 |
| 1.30 | 1.535 | 0.09 | 0.3111 | 0.2492 | 0.21300 | 0.1873 |
| 1.35 | 1.594 | 0.09 | 0.2658 | 0.2130 | 0.18202 | 0.1601 |
| 1.40 | 1.653 | 0.09 | 0.2275 | 0.1823 | 0.15579 | 0.1370 |
| 1.45 | 1.712 | 0.09 | 0.1951 | 0.1563 | 0.13361 | 0.1175 |
| 1.50 | 1.771 | 0.09 | 0.1678 | 0.1344 | 0.11488 | 0.1010 |
| 1.6 | 1.889 | 0.09 | 0.1251 | 0.1002 | 0.08564 | 0.0753 |

Sehingga, dari proses perhitungan spektra gelombang diatas dapat dihasilkan suatu grafik yang menggambarkan perbandingan spektra gelombang antara variasi parameter puncak (γ) satu dengan yang lainnya :



Gambar 3.7 Grafik Validasi Perhitungan Spektra Gelombang JONSWAP.

Langkah selanjutnya adalah membandingkan data yang disajikan dalam bentuk grafik antara hasil penelitian (Soren, 2014) yaitu pada Gambar 3.6 (a) dengan grafik pada Gambar 3.7 diatas. Dari kedua grafik tersebut, didapat kesamaan frekuensi spektra puncak serta nilai puncak spektra pada tiap variasi nilai parameter puncak (γ). Pertama, untuk observasi tingkat kesamaan rentang terjadinya puncak spektra, kedua data memiliki kesamaan rentang frekuensi puncak spektra yaitu terjadi pada frekuensi antara 0.80 – 1.00 rad/s. Kedua, adanya kesamaan terhadap keempat nilai puncak spektra, yaitu pada $\gamma = 1$ memiliki nilai spektra sebesar $\approx 1 \text{ [m}^2\text{(s)]}$, pada $\gamma = 2$ memiliki nilai spektra sebesar $\approx 1.5 \text{ [m}^2\text{(s)]}$, pada $\gamma = 3$ memiliki nilai spektra sebesar $\approx 2 \text{ [m}^2\text{(s)]}$, serta pada $\gamma = 4$ memiliki nilai spektra sebesar $\approx 2.3 \text{ [m}^2\text{(s)]}$. Maka, dapat disimpulkan bahwa langkah-langkah perhitungan terhadap spektra JONSWAP (Hasselmann, 1973) telah memiliki hasil yang valid.

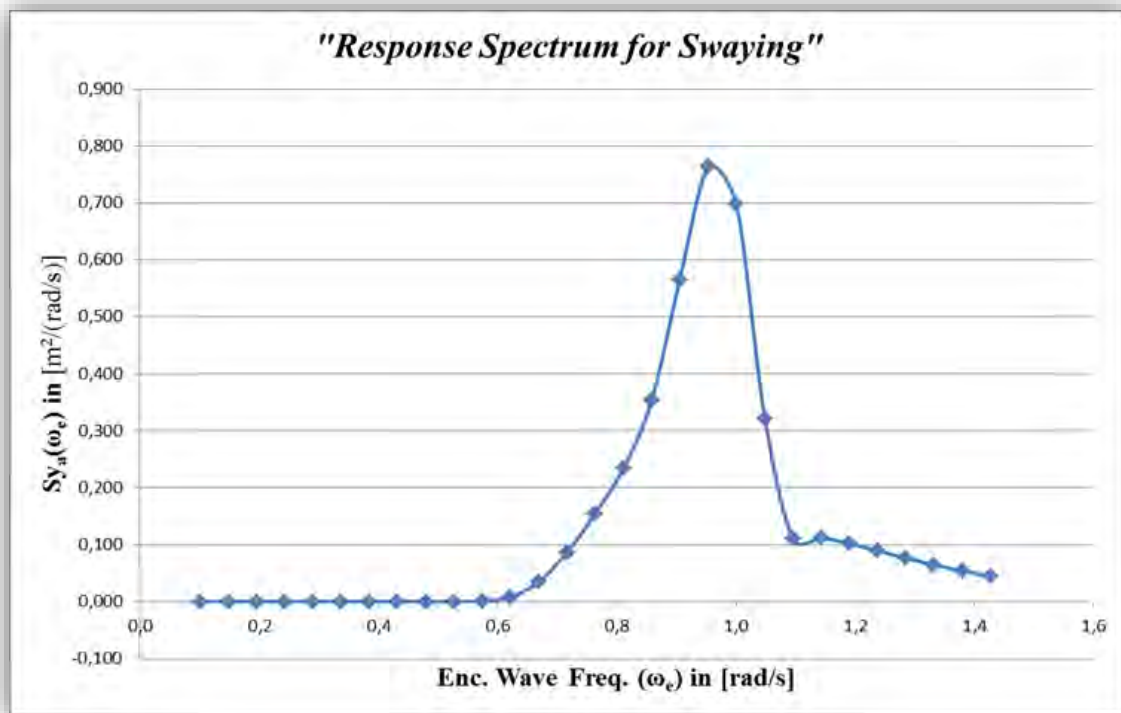
3.4 Perhitungan Spektra Respons

Berdasarkan sub-bab **Error! Reference source not found.** tentang respon kapal di gelombang acak, langkah untuk menghasilkan spektra respons adalah dengan mengalikan nilai RAO dengan Spektrum Gelombang Papasan (lihat pers. 2.28), sehingga hasil spektra respons untuk kapal LNG pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

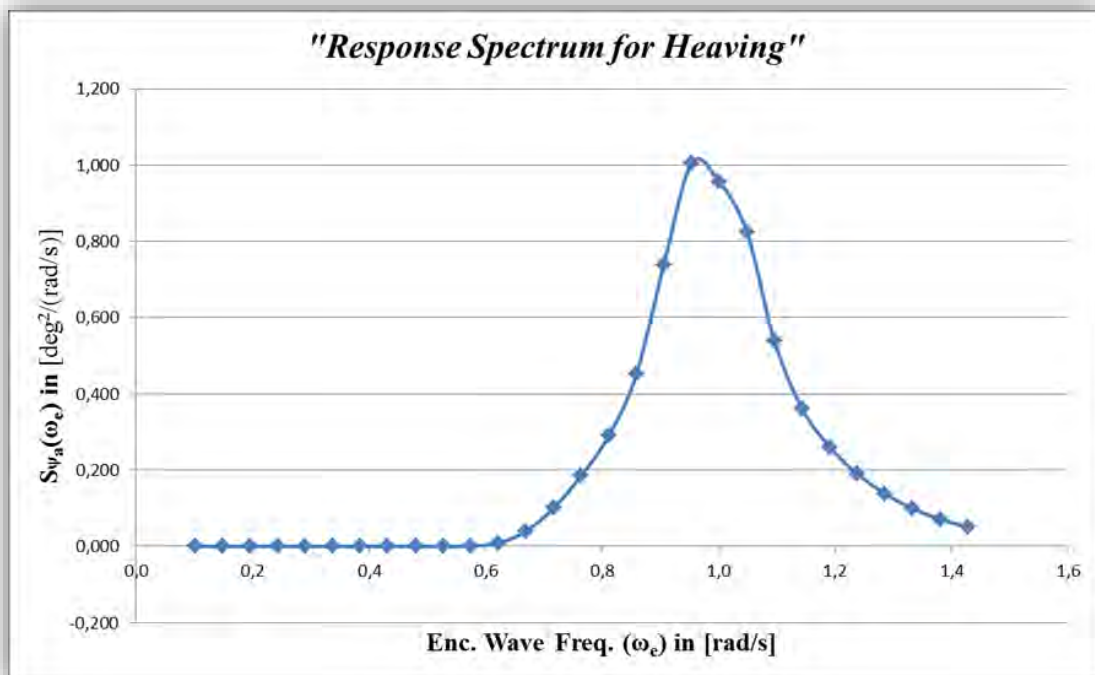
Tabel 3.7 Tabel Perhitungan Spektra Respons.

| <i>Enc. Freq</i> (ω_e) | <i>Enc. Wave Spectrum</i> $S_{\zeta}(\omega_e)$ | <i>Sway</i> $(y_a/\zeta_a)^2$ | <i>Heave</i> $(z_a/\zeta_a)^2$ | <i>Roll</i> $(\phi_a/\zeta_a)^2$ | <i>Response Spectrum</i> | | |
|------------------------------------|--|----------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| | | | | | $S_{y_a}(\omega_e)$ | $S_{z_a}(\omega_e)$ | $S_{\phi_a}(\omega_e)$ |
| [rad/s] | [m ² /(rad/s)] | [m/m] ² | [m/m] ² | [deg/m] ² | [m ² /(rad/s)] | [m ² /(rad/s)] | [deg ² /(rad/s)] |
| 0.101 | 0.00000 | 3.523 | 1.000 | 0.199 | 0.000000 | 0.000000 | 0.000000 |
| 0.148 | 0.00000 | 2.320 | 1.000 | 0.292 | 0.000000 | 0.000000 | 0.000000 |
| 0.195 | 0.00000 | 1.763 | 1.000 | 0.395 | 0.000000 | 0.000000 | 0.000000 |
| 0.243 | 0.00000 | 1.450 | 1.001 | 0.510 | 0.000000 | 0.000000 | 0.000000 |
| 0.290 | 0.00000 | 1.257 | 1.001 | 0.642 | 0.000000 | 0.000000 | 0.000000 |
| 0.338 | 0.00000 | 1.134 | 1.002 | 0.798 | 0.000000 | 0.000000 | 0.000000 |
| 0.385 | 0.00000 | 1.053 | 1.002 | 0.984 | 0.000000 | 0.000000 | 0.000000 |
| 0.432 | 0.00000 | 1.001 | 1.002 | 1.210 | 0.000000 | 0.000000 | 0.000000 |
| 0.480 | 0.00000 | 0.968 | 1.001 | 1.482 | 0.000000 | 0.000000 | 0.000000 |
| 0.527 | 0.00003 | 0.944 | 0.999 | 1.806 | 0.000025 | 0.000026 | 0.000047 |
| 0.575 | 0.00099 | 0.924 | 0.998 | 2.188 | 0.000913 | 0.000986 | 0.002162 |
| 0.622 | 0.00925 | 0.906 | 0.999 | 2.642 | 0.008382 | 0.009243 | 0.024443 |
| 0.669 | 0.03889 | 0.888 | 1.001 | 3.184 | 0.034531 | 0.038925 | 0.123814 |
| 0.717 | 0.09983 | 0.870 | 1.008 | 3.843 | 0.086854 | 0.100631 | 0.383655 |
| 0.764 | 0.18162 | 0.852 | 1.019 | 4.675 | 0.154738 | 0.185068 | 0.849063 |
| 0.812 | 0.28154 | 0.835 | 1.033 | 5.775 | 0.235087 | 0.290833 | 1.625904 |
| 0.859 | 0.43039 | 0.822 | 1.049 | 7.338 | 0.353784 | 0.451483 | 3.158231 |
| 0.906 | 0.69217 | 0.816 | 1.066 | 9.788 | 0.564808 | 0.737849 | 6.774923 |
| 0.954 | 0.92697 | 0.824 | 1.084 | 14.228 | 0.763826 | 1.005210 | 13.188972 |
| 1.001 | 0.83578 | 0.835 | 1.144 | 23.737 | 0.697872 | 0.956127 | 19.838799 |
| 1.049 | 0.60072 | 0.536 | 1.371 | 33.617 | 0.321984 | 0.823583 | 20.194298 |
| 1.096 | 0.42223 | 0.261 | 1.275 | 20.269 | 0.110203 | 0.538349 | 8.558266 |
| 1.144 | 0.32197 | 0.347 | 1.120 | 12.069 | 0.111724 | 0.360607 | 3.885866 |
| 1.191 | 0.26903 | 0.379 | 0.969 | 8.160 | 0.101961 | 0.260685 | 2.195246 |
| 1.238 | 0.23417 | 0.382 | 0.815 | 5.959 | 0.089452 | 0.190847 | 1.395405 |
| 1.286 | 0.20546 | 0.373 | 0.673 | 4.574 | 0.076637 | 0.138275 | 0.939779 |
| 1.333 | 0.18077 | 0.358 | 0.550 | 3.635 | 0.064714 | 0.099422 | 0.657087 |
| 1.381 | 0.15835 | 0.341 | 0.449 | 2.956 | 0.053996 | 0.071098 | 0.468075 |
| 1.428 | 0.13896 | 0.323 | 0.366 | 2.430 | 0.044883 | 0.050858 | 0.337666 |

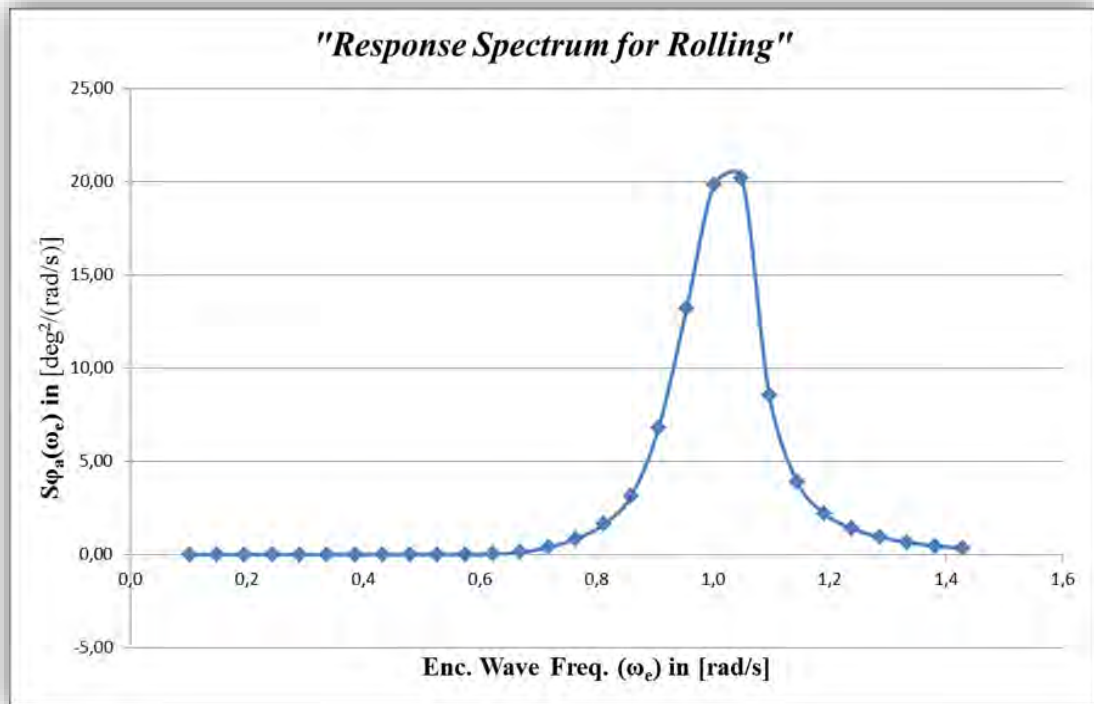
Dibawah ini adalah grafik spektra respons pada gerakan *sway*, *heave*, dan *roll* pada tugas akhir kali ini :



Gambar 3.8 Grafik Spektra Respons untuk Mode Gerakan *Sway*.



Gambar 3.9 Grafik Spektra Respons untuk Mode Gerakan *Heave*.



Gambar 3.10 Grafik Spektra Respons untuk Mode Gerakan *Roll*.

Hasil spektra respons yang ada akan dijadikan sebagai parameter pada formulasi elevasi gelombang acak (lihat pers. 2.33), yang pada akhirnya akan menjadi input sebagai persamaan eksitasi tangki menggunakan bahasa pemrograman C++.

3.5 Simulasi FLUENT

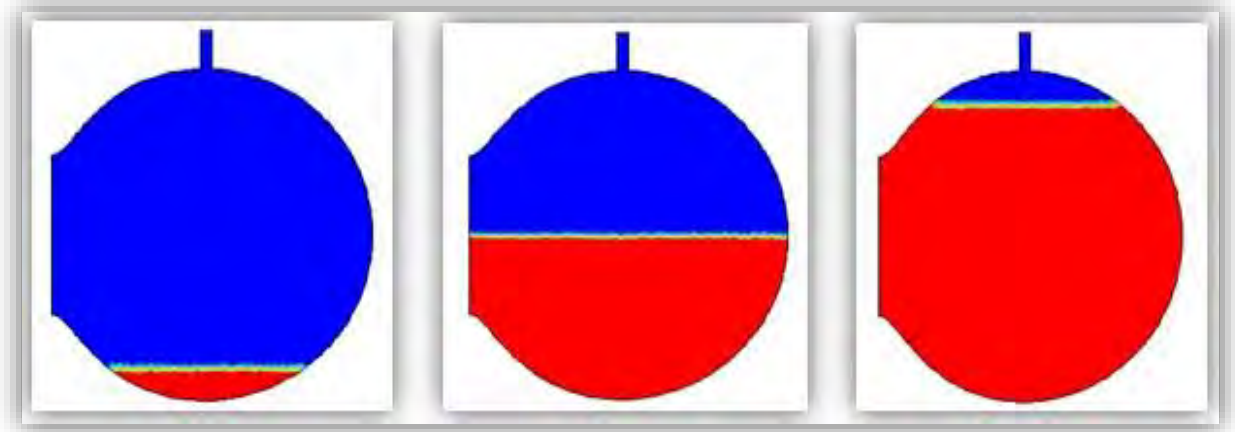
FLUENT yang digunakan pada tugas akhir ini adalah FLUENT 6.3, dimana tahap pemodelan numeriknya menggunakan GAMBIT. Proses simulasi dalam FLUENT memiliki tiga tahapan utama dalam aplikasinya, yaitu *Pre-processing*, *Solving* dan *Post-Processing*. Namun, Pada sub-bab ini hanya akan dibahas beberapa hal yang dinilai substansial dari masing-masing tahapan tersebut.

3.5.1 *Pre-processing*

3.5.1.1 Pemodelan Numerik dengan GAMBIT

Pemodelan numerik tangki *independent self supporting tank* tipe C dengan jenis *bilobe* dilakukan dengan GAMBIT. Pemodelan dilakukan secara 2D terhadap penampang melintang tangki dengan ukuran lebar maksimum adalah 6.65 [m] dan tinggi maksimum dari dasar tangki sebesar 6.9 [m]. Pemodelan yang dilakukan menggunakan metode *bottom-up*, yaitu dimulai dari

tingkat geometri yang paling rendah (*vertex*) ke tingkat geometri yang paling tinggi (*face*). Setelah tahap pembuatan *meshing* dan *boundary condition*, maka model numerik harus di ekspor agar dapat dibaca pada *software* FLUENT. Adapun pemodelan numerik gambit yang telah di dipakai pada simulasi FLUENT dengan ketinggian cairan setinggi 10%, 50% dan 90% H adalah sebagai berikut :



Gambar 3.11 Pemodelan Numerik Tangki *Bilobe* dengan Variasi *Filling Level* adalah 10%, 50% dan 90% dari Tinggi Dinding Utama Tangki.

3.5.1.2 Penentuan Solver

Secara umum, FLUENT memiliki 3 tipe formulasi solver, yaitu :

- *Pressured Based*
- *Density Implicit*
- *Density Explicit*

Pada pemodelan fenomena *sloshing* menggunakan bantuan *software* FLUENT, formulasi solver yang dipilih adalah *solver* dengan tipe *pressured-based*. Hal ini sesuai dengan batasan-batasan teori VOF seperti yang telah dibahas pada sub-bab **Error! Reference source not found.**, dimana pemodelan VOF hanya tersedia pada *solver* tipe *pressured-based*.

3.5.1.3 Penentuan Kondisi Batas

Gambar diatas merupakan panel penentuan kondisi batas pada *software* GAMBIT, yang digunakan untuk mendefinisikan tipe dari masing-masing struktur tangki yang dibuat. Pada simulasi FLUENT, tidak perlu ada pengubahan kondisi batas. Hal tersebut dikarenakan karena

FLUENT telah membaca kondisi batas seperti yang telah didefinisikan pada pemodelan numerik menggunakan *software* GAMBIT.

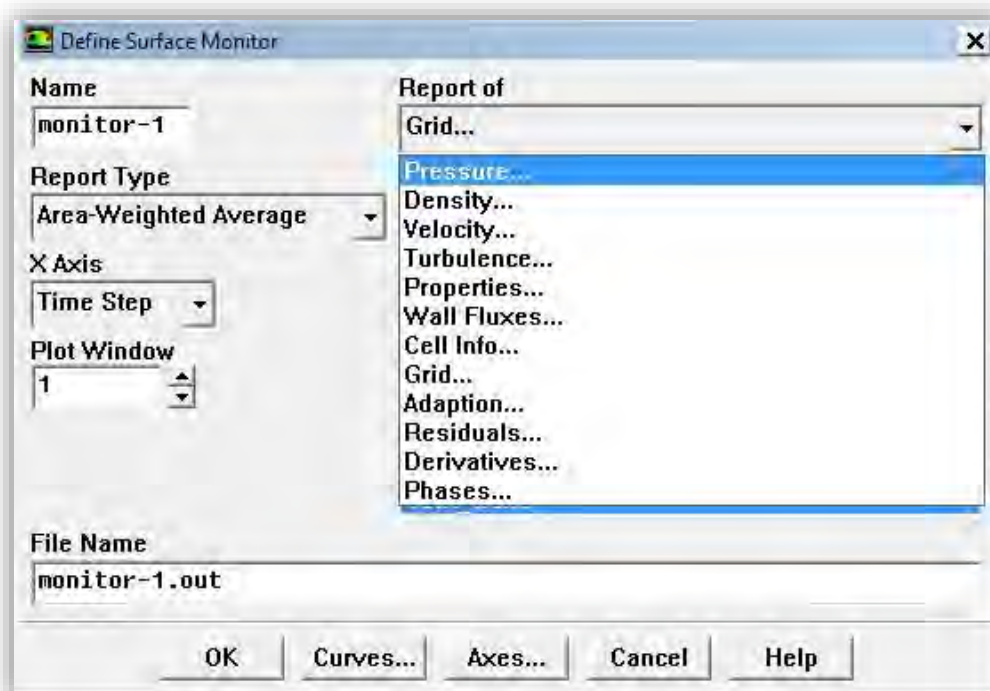
3.5.2 Solving

Solver pada proses simulasi FLUENT akan melakukan penyelesaian terhadap suatu pemodelan permasalahan berdasarkan kondisi-kondisi yang telah diterapkan pada tahap *pre-processing*, utamanya adalah pada tahap pemilihan penyelesaian masalah yaitu pada panel *Solution* → *Control* (terlampir). Untuk pemodelan menggunakan formulasi *pressured-based* dengan metode VOF, tahap iterasi akan berlangsung sesuai dengan bagan/alur pada **Error! Reference source not found.** (lihat sub-bab **Error! Reference source not found.**).

3.5.3 Post-processing

Post-processing merupakan langkah terakhir dalam analisis pada CFD. Hal yang dilakukan pada tahap ini adalah mengorganisasi dan menginterpretasi data hasil simulasi CFD dalam bentuk gambar, kurva maupun video animasi.

3.5.3.1 Output



Gambar 3.12 Pemilihan Tipe *Output* FLUENT.

Pemilihan data hasil simulasi FLUENT memiliki banyak tipe *output* (luaran) yang dapat dipilih oleh *user*, antara lain yaitu : *pressure, density, viscosity, turbulence, properties, wall fluxes, cell info, grid, phase* dll. Pada tugas akhir ini, *output* yang dipilih adalah *pressure*, yakni FLUENT akan melakukan penyimpanan data terhadap *pressure* (tekanan) pada kondisi batas tangki yang dipilih. Tipe *pressure* (tekanan) adalah *static pressure, dynamic pressure, dan total pressure*.

3.5.3.2 Pembuatan Animasi Gerakan Tangki

Pada pemodelan fenomena *sloshing* dengan FLUENT, proses dokumentasi pola aliran dalam bentuk video menjadi hal yang sangat penting, karena dengan adanya tahap ini maka *user* dapat menganalisis gerakan *sloshing* secara berkesinambungan berdasarkan waktu yang dialokasikan pada tahap simulasi FLUENT.

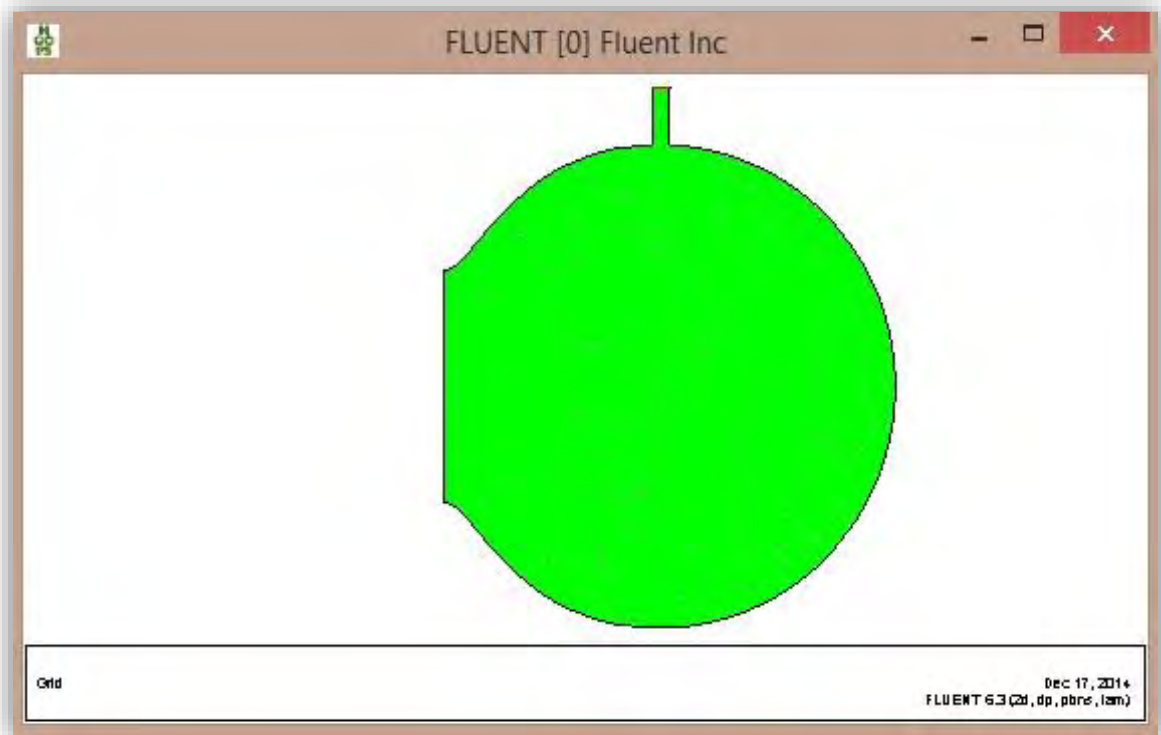
3.6 Grid Independence

3.6.1 Hasil Simulasi untuk Tahap Analisa Grid Independence

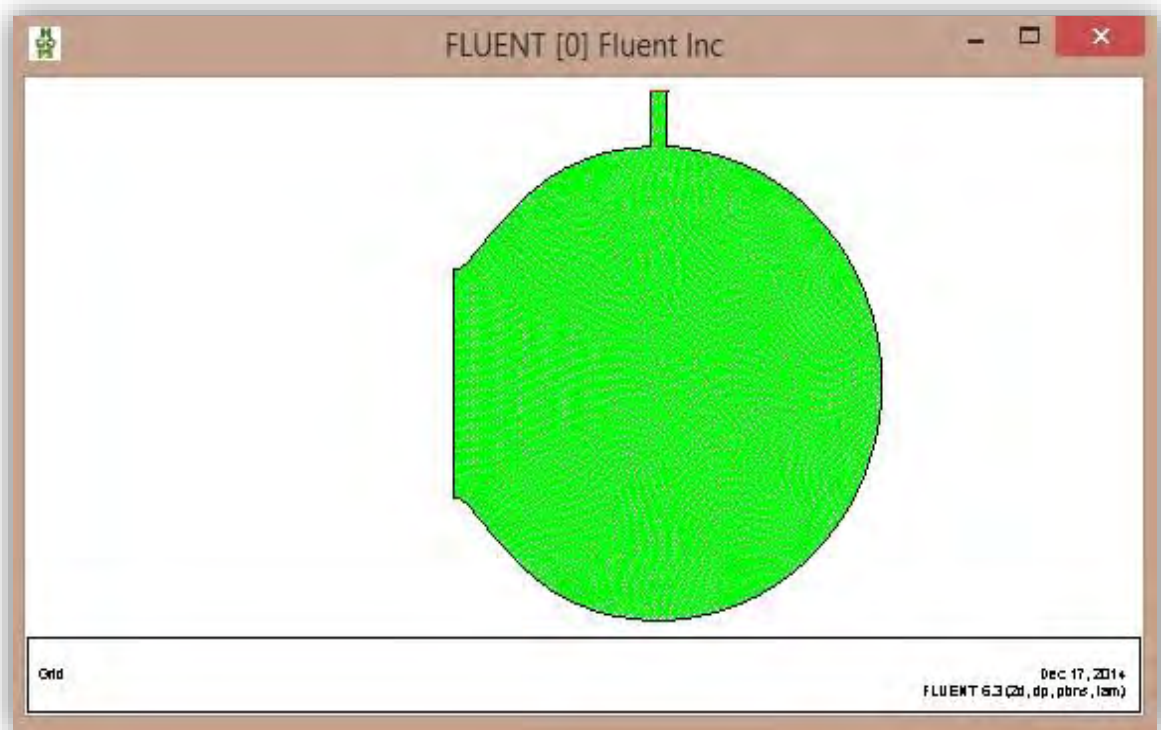
Grid Independence pada tugas akhir ini dilakukan untuk menganalisis tingkat konvergensi data output berupa data *pressure (static pressure)* terhadap 4 variasi *meshing* yaitu 0.05, 0.075, 0.1, 0.15 terhadap *filling level* 50%. Berdasarkan Godderidge (2006), tahap analisis *grid independence* dapat dilakukan pembatasan terhadap jumlah *cycle (number of time step)* sesuai dengan kebutuhan data yang akan dianalisis serta kemampuan / kapasitas komputer yang digunakan, pada tugas akhir ini pembatasan tersebut dilakukan dengan melakukan proses *running* dengan jumlah 10000 *number of time step*. Pada Tabel 3.8 dibawah ini merupakan variasi *meshing* pada tahap *grid independence* :

Tabel 3.8 Variasi *Meshing* pada Tahap *Grid Independence*.

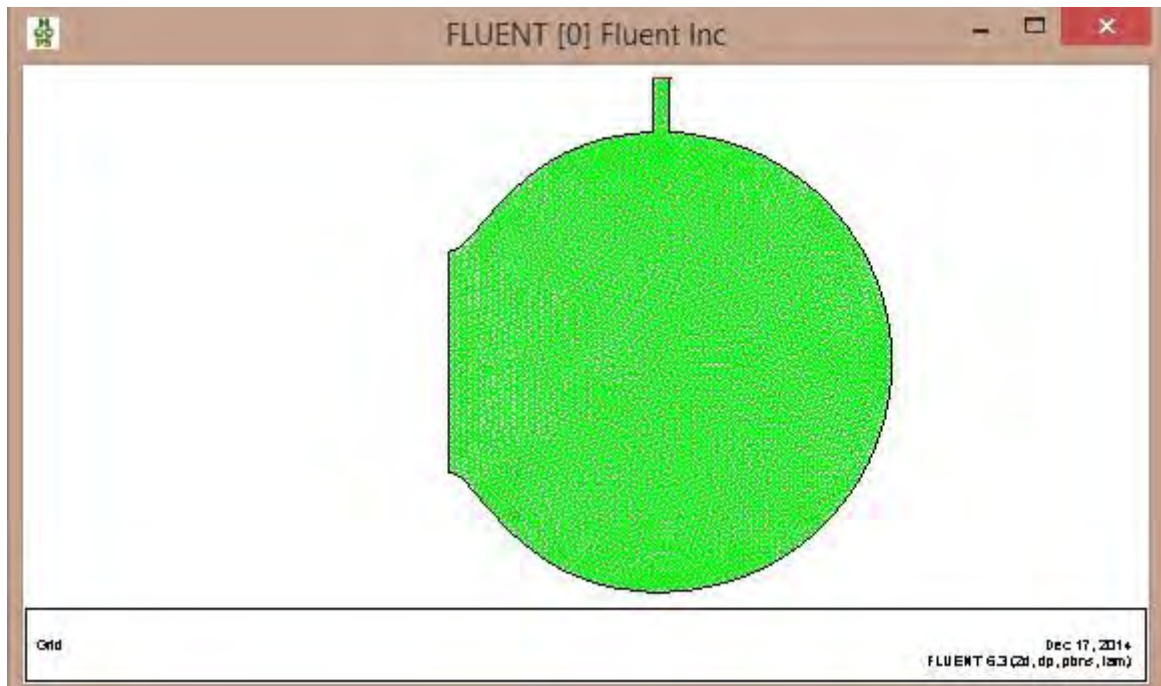
| Tipe | Interval Size | Number of Elements | Number of Node |
|--------|---------------|--------------------|----------------|
| Grid A | 0.05 | 34073 | 17276 |
| Grid B | 0.075 | 14676 | 7496 |
| Grid C | 0.1 | 9484 | 4869 |
| Grid D | 0.15 | 4513 | 2344 |



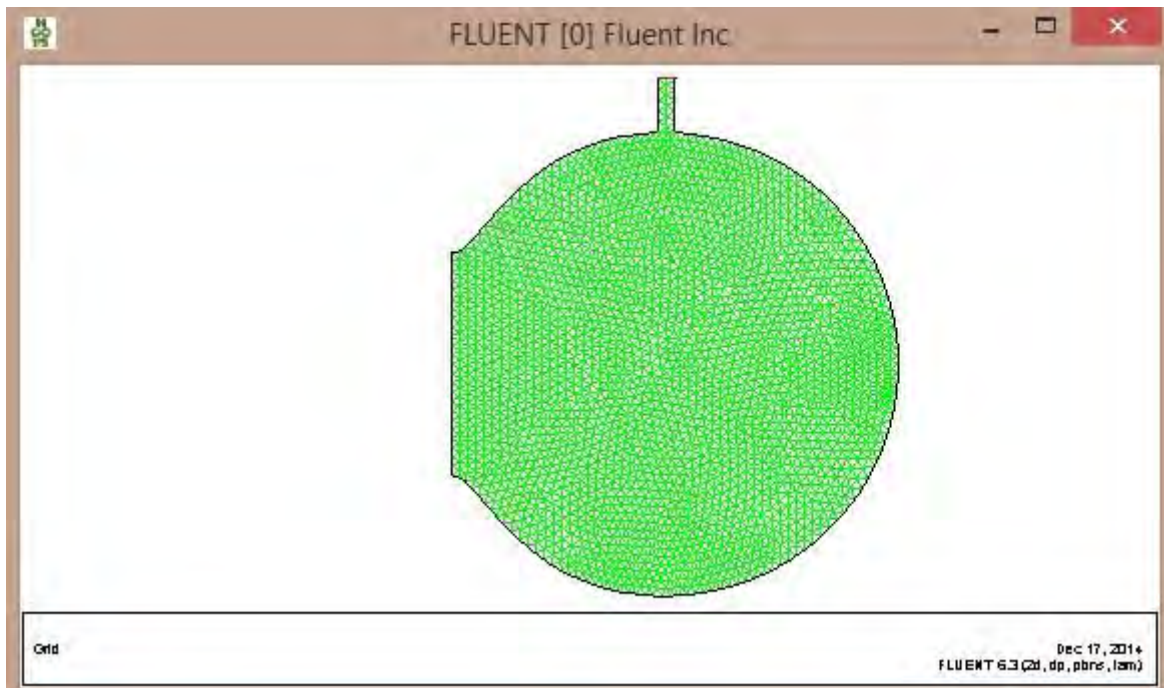
Gambar 3.13 Visualisasi *Grid* dengan Jumlah Elemen 34073.



Gambar 3.14 Visualisasi *Grid* dengan Jumlah Elemen 14676.



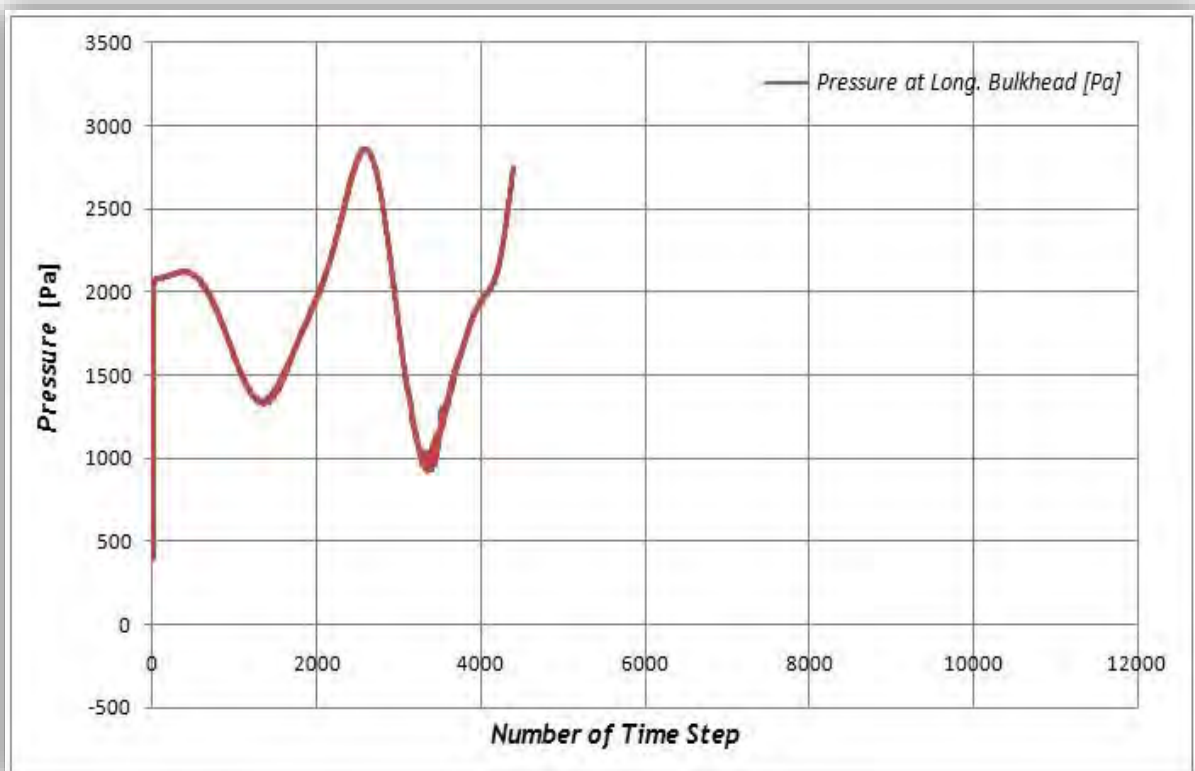
Gambar 3.15 Visualisasi *Grid* dengan Jumlah Elemen 9484.



Gambar 3.16 Visualisasi *Grid* dengan Jumlah Elemen 4513.

Gambar diatas menunjukkan visualisasi dari empat variasi *meshing* pada tahap *grid independence study* dimana tiap-tiap variasi *meshing* memiliki jumlah elemen yang berbeda-beda.

3.6.1.1 Grid A



Gambar 3.17 Grafik *Static Pressure* dengan *Grid A*.

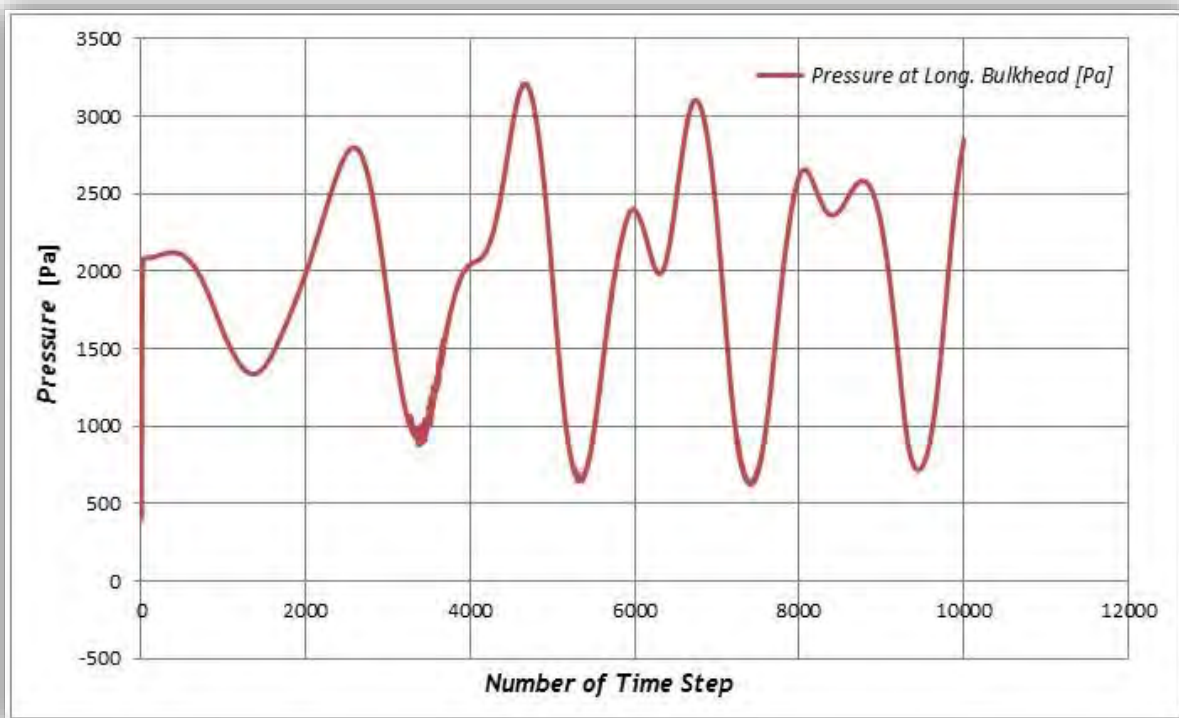
Grid A merupakan *grid* yang memiliki tingkat kerapatan yang paling tinggi yang digunakan pada analisis *grid independence* kali ini. Namun, dapat ditunjukkan bahwa *grid* ini tidak cocok untuk diaplikasikan dikarenakan tingginya persyaratan terhadap kemampuan komputer yang digunakan. Sehingga, simulasi FLUENT dengan *grid* ini hanya menghasilkan waktu simulasi yang terbatas. Akan tetapi, rekaman terhadap tekanan pada dinding tangki pada waktu yang terbatas tersebut sudah cukup untuk digunakan sebagai acuan terhadap analisa tingkat eror pada tahap *grid independence*.

Adapun ringkasan terhadap proses simulasi FLUENT untuk analisa tingkat eror pada tahap *grid independence* dengan *Grid A* adalah sebagai berikut :

Tabel 3.9 *Setting untuk Tahap Analisa Grid Independence, Grid A.*

| Ringkasan <i>Grid Independence</i> dengan <i>Grid A</i> | |
|--|----------------|
| <i>Run Setup</i> | |
| Jumlah Elemen | 34073 |
| Time Step [detik] | 0.003 |
| Lama Simulasi [detik] | 13.2 |
| Waktu yang dibutuhkan [jam] | 3 jam 15 menit |
| Waktu Simulasi per jam CPU [detik/jam] | 4.1 |
| *3 GHz, 32-bit processor with 5 GB RAM | |

3.6.1.2 Grid B



Gambar 3.18 Grafik *Static Pressure* dengan *Grid B*.

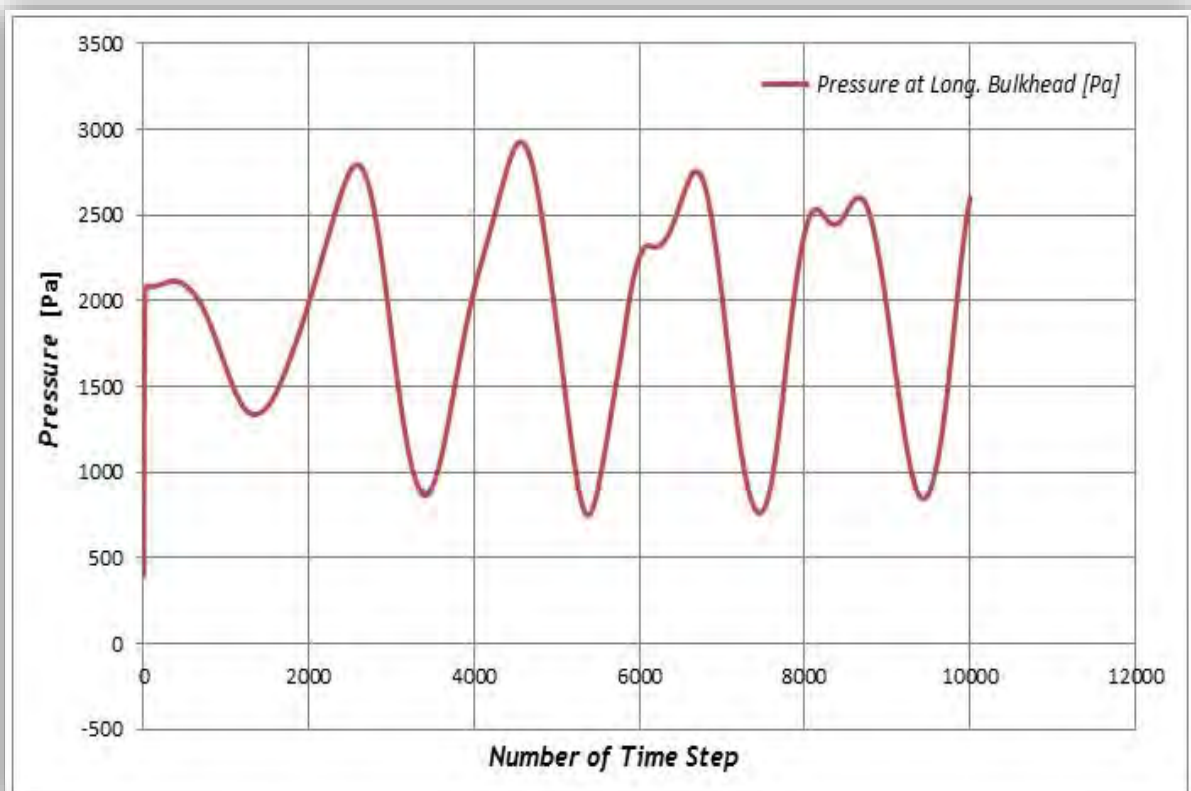
Grid B memiliki jumlah hampir separuh lebih kecil daripada *Grid A* dan mengurangi persyaratan terhadap kriteria kemampuan komputer menjadi lebih kecil dengan faktor pembagi mendekati dua. Pada *grid* ini, grafik rekaman *pressure* pada *long. bulkhead* memiliki tingkat kesamaan yang tinggi pada rentang waktu simulasi dari detik ke 0 hingga detik ke 13.2 (lihat Gambar 3.17 dan Gambar 3.18). Hasil dari rekaman *pressure* juga memperlihatkan bahwa antara kedua *grid* tersebut memiliki puncak dan lembah dari osilasi yang sama, lembah pertama memiliki rentang nilai antara 1000 – 1500 [Pa], puncak pertama memiliki rentang nilai antara

2500 – 3000[Pa], serta lembah kedua memiliki kecenderungan serta nilai *pressure* yang mendekati nilai 1000 [Pa]. Adapun ringkasan terhadap proses simulasi FLUENT untuk analisa tingkat eror pada tahap *grid independence* adalah sebagai berikut :

Tabel 3.10 *Setting* untuk Tahap Analisa *Grid Independence*, Grid B.

| Ringkasan <i>Grid Independence</i> dengan Grid B | |
|--|----------------|
| <i>Run Setup</i> | |
| Jumlah Elemen | 14676 |
| Time Step [detik] | 0.003 |
| Lama Simulasi [detik] | 30 |
| Waktu yang dibutuhkan [jam] | 6 jam 30 menit |
| Waktu Simulasi per jam CPU [detik/jam] | 4.6 |
| *3 GHz, 32-bit processor with 5 GB RAM | |

3.6.1.3 Grid C



Gambar 3.19 Grafik *Static Pressure* dengan Grid C.

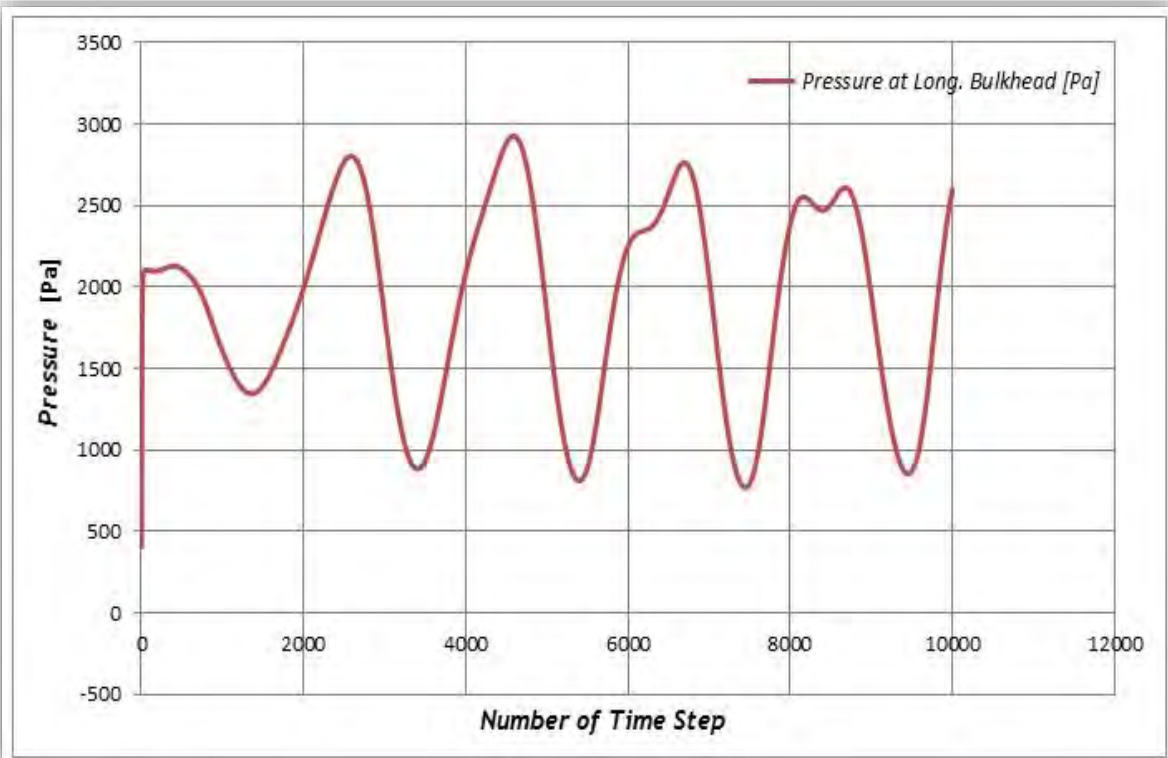
Perbandingan grafik rekaman *pressure* pada *Grid C* (lihat Gambar 3.19) dengan *Grid B* (lihat Gambar 3.18) memperlihatkan adanya beberapa perbedaan. Pertama, grafik *pressure* pada sekitar *number of time step* 4000, jika pada *Grid B* terdapat adanya *pressure* yang sedikit berbelok, namun pada *number of time step* yang sama pada *Grid C*, kecenderungan dari *pressure* adalah konsisten meningkat tanpa adanya pembelokan kurva. Kedua, pada rentang *number of time step* 4000 – 6000 terdapat perbedaan pada puncak osilasi pertama yaitu jika pada *Grid B* memiliki nilai puncak > 3000 [Pa], sedangkan pada rentang yang sama pada *Grid C*, puncak osilasi pertama memiliki nilai < 3000 [Pa]. Ketiga, nilai maksimum pada rentang *number of time step* antara 6000 – 8000 memiliki perbedaan yang sama pada puncak osilasi pertama untuk kedua *grid* tersebut. Keempat, adanya perbedaan pola osilasi puncak pertama antara kedua *grid* tersebut pada rentang *number of time step* antara 8000 – 10000.

Grid C memiliki jumlah elemen sebanyak 9484 elemen, dengan jumlah elemen yang hampir empat kali lebih sedikit daripada *Grid A* maka waktu yang dibutuhkan untuk melakukan simulasi menjadi berkurang secara signifikan. Seperti yang tertera pada tabel ringkasan simulasi untuk tahapan analisa *grid independence* dibawah ini :

Tabel 3.11 *Setting untuk Tahap Analisa Grid Independence, Grid C.*

| Ringkasan <i>Grid Independence</i> dengan <i>Grid C</i> | |
|--|----------------|
| <i>Run Setup</i> | |
| Jumlah Elemen | 9484 |
| Lama Simulasi [detik] | 30 |
| Time Step [detik] | 0.003 |
| Waktu yang dibutuhkan [jam] | 4 jam 15 menit |
| Waktu Simulasi per jam CPU [detik/jam] | 7.1 |
| *3 GHz, 32-bit processor with 5 GB RAM | |

3.6.1.4 Grid D



Gambar 3.20 Grafik *Static Pressure* dengan *Grid D*.

Gambar 3.20 menunjukkan rekaman *pressure* pada *long. bulkhead* tangki akibat eksitasi tangki selama 30 detik waktu simulasi. Meskipun *Grid D* adalah *grid* dengan tingkat kerapatan yang paling renggang dibandingkan tiga variasi *grid* sebelumnya, namun hasil rekaman *pressure* menunjukkan kesamaan dengan rekaman *pressure* pada *grid C*. Waktu yang dibutuhkan juga berkurang secara signifikan dibandingkan dengan waktu simulasi *grid* sebelumnya, yaitu :

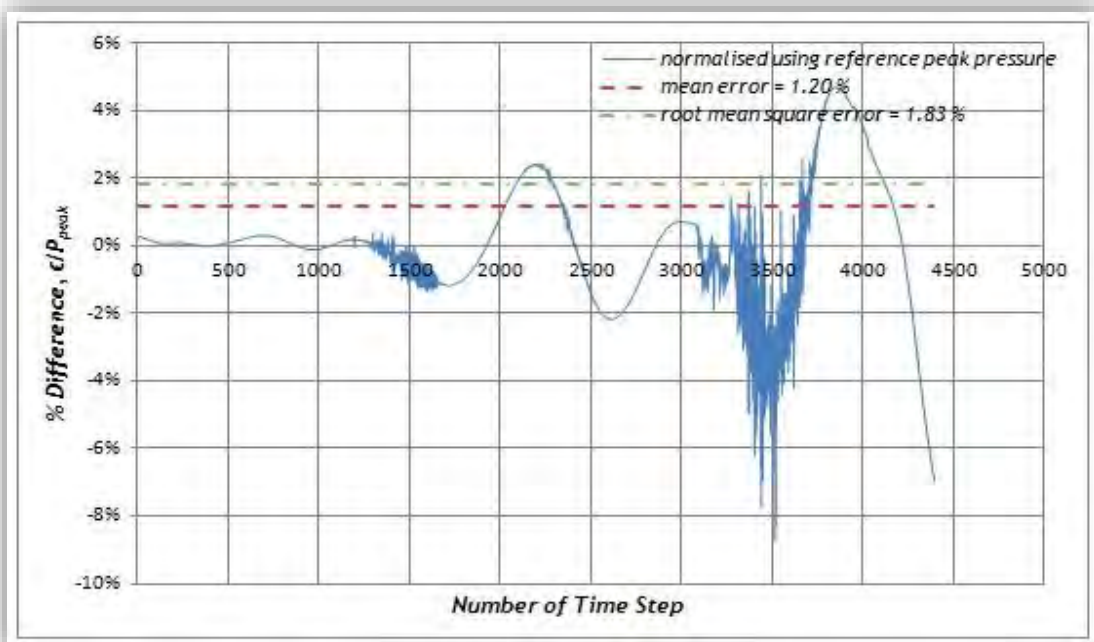
Tabel 3.12 *Setting* untuk Tahap Analisa *Grid Independence*, *Grid D*.

| Ringkasan <i>Grid Independence</i> dengan <i>Grid D</i> | |
|---|----------------|
| <i>Run Setup</i> | |
| Jumlah Elemen | 9484 |
| Time Step [detik] | 0.003 |
| Lama Simulasi [detik] | 30 |
| Waktu yang dibutuhkan [jam] | 2 jam 45 menit |
| Waktu Simulasi per jam CPU [detik/jam] | 10.9 |
| *3 GHz, 32-bit processor with 5 GB RAM | |

3.6.2 Analisis Tingkat Error Meshing

Berdasarkan analisis teori pada sub-bab **Error! Reference source not found.**, dimana analisis tingkat eror pada tugas akhir ini dilakukan dengan melakukan empat variasi *meshing* (*grid* A, B, C, D) dan parameter *pressure* [Pa] sebagai parameter utama. *Grid* A digunakan sebagai acuan pada tahap analisis tingkat eror ini. Adapun kondisi batas atau jenis *boundary condition* yang dipakai sebagai bagian yang akan diobservasi pada tahap analisa tingkat eror *meshing* adalah pada *long. bulkhead* [Wall]. Berdasarkan perhitungan (terlampir) terhadap *grid* A, B, C dan D dengan *grid* A sebagai acuan, maka didapatkan hasil tingkat eror sebagai berikut :

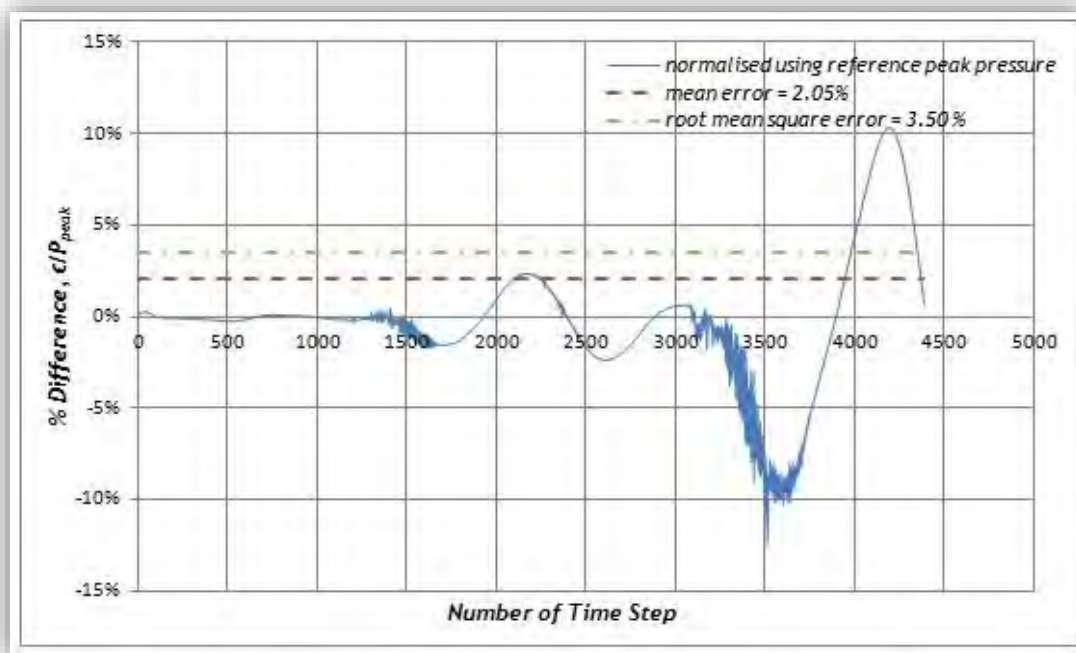
3.6.2.1 Grid B terhadap Grid Acuan



Gambar 3.21 Grafik Perbedaan *Pressure*, *mean error* dan *root mean square error* [%] pada *Long. Bulkhead*.

Pada analisa tingkat eror menggunakan Grid B terhadap Grid acuan didapatkan hasil nilai *mean error* atau tingkat rata-rata kesalahan pada grid ini adalah sebesar 1.20 %. Hasil ini tentunya sangat ideal dari segi rasio tingkat eror, namun pada aplikasinya proses simulasi FLUENT dengan grid ini membutuhkan waktu yang cukup lama yaitu ± 6.5 jam. Hal ini tentunya menjadikan waktu simulasi untuk variasi *filling level* membutuhkan waktu hampir $\frac{3}{4}$ hari untuk dapat diselesaikan. Sehingga dapat diambil kesimpulan bahwa grid ini tidak direkomendasikan untuk diaplikasikan.

3.6.2.2 Grid C terhadap Grid Acuan



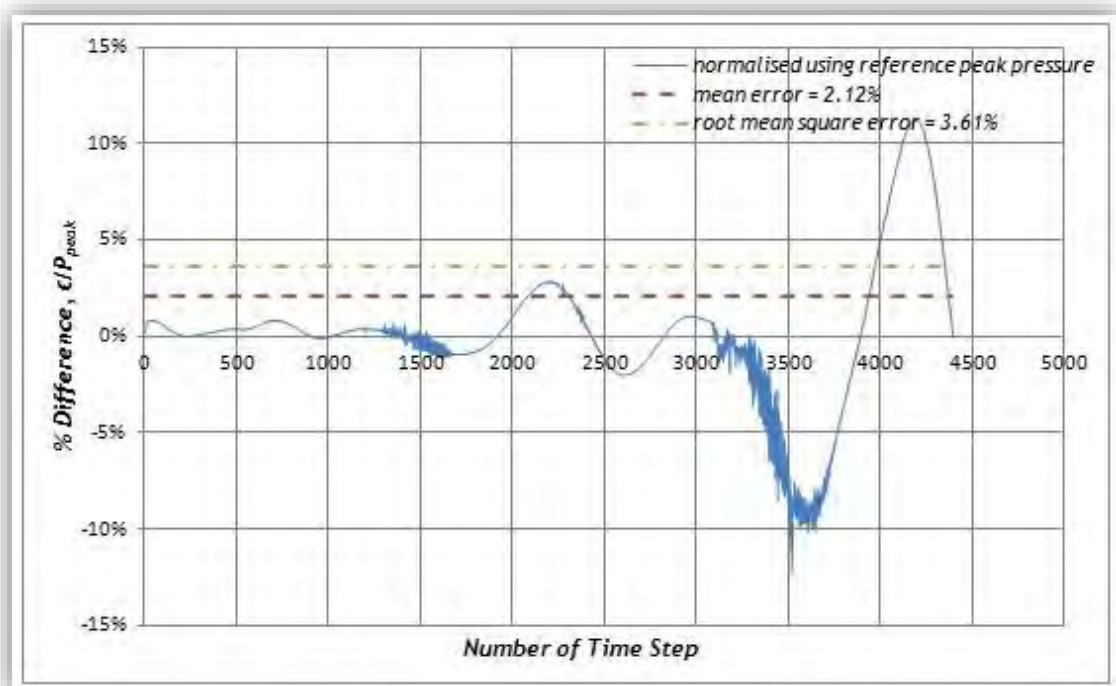
Gambar 3.22 Grafik Perbedaan *Pressure*, *mean error* dan *root mean square error* [%] pada *Long Bulkhead*.

Pada analisa tingkat eror menggunakan Grid C terhadap Grid acuan didapatkan hasil nilai *mean error* atau tingkat rataan kesalahan pada *grid* ini adalah sebesar 2.05 % dan proses simulasi FLUENT dengan *grid* ini membutuhkan waktu ± 4.25 jam. Hal ini tentunya menjadikan waktu simulasi dengan *grid* ini membutuhkan waktu yang berkurang secara signifikan dibandingkan dengan tingkat *grid* sebelumnya. Selisih eror yang tidak terlampau besar dengan tingkat eror dengan *grid* sebelumnya, tingkat eror yang masih dibawah 3% serta waktu yang dibutuhkan terhadap simulasi yang lebih cepat, maka *grid* ini cukup direkomendasikan oleh penulis.

3.6.2.3 Grid D terhadap Grid Acuan

Pada analisa tingkat eror menggunakan Grid D terhadap Grid acuan didapatkan hasil nilai *mean error* atau tingkat rataan kesalahan pada *grid* ini adalah sebesar 2.12 % dan proses simulasi FLUENT dengan *grid* ini membutuhkan waktu ± 2.75 jam. Meskipun *meshing* jenis ini memiliki tingkat eror yang sangat kecil dan waktu simulasi yang singkat dibandingkan dengan *grid* sebelumnya, namun tingkat kerapatan dari tingkat *meshing* ini terlalu renggang, sehingga

pola aliran dari cairan didalam tangki akibat efek *sloshing*, maka tingkat *meshing* ini tidak direkomendasikan pada tahap simulasi FLUENT.



Gambar 3.23 Grafik Perbedaan *Pressure*, *mean error* dan *root mean square error* [%] pada *Long Bulkhead*.

Berikut adalah hasil dari analisis tingkat eror *meshing* pada tahap *grid independence* untuk tiap-tiap jenis *grid* (*grid A*, *B*, dan *C*) terhadap *grid* acuan (*grid A*) :

Tabel 3.13 Rangkuman Tahap Analisis Tingkat Eror *Meshing*.

| Klasifikasi <i>Grid</i> | <i>Mean Error</i> [%] | <i>RMS Error</i> [%] | <i>Time Required</i> [Hours] |
|------------------------------|-----------------------|----------------------|------------------------------|
| <i>Grid B</i> terhadap Acuan | 1.20 | 1.83 | ± 6.5 |
| <i>Grid C</i> terhadap Acuan | 2.05 | 3.50 | ± 4.25 |
| <i>Grid D</i> terhadap Acuan | 2.12 | 3.61 | ± 2.75 |

Dari ringkasan analisis tingkat eror *meshing* pada Tabel 3.13 diatas, dapat dilihat bahwa tingkat *meshing* yang memiliki tingkat keakuratan yang paling tinggi terhadap *meshing* acuan adalah *grid B* yaitu dengan tingkat RMS eror hanya sebesar 1.83%, namun kelemahan dari

meshing ini adalah lamanya waktu yang dibutuhkan untuk dapat menyelesaikan waktu simulasi selama 30 detik adalah ± 6.5 jam. Dengan tingkat spesifikasi komputer yang sudah cukup canggih, waktu yang dibutuhkan pada *meshing* tersebut dinilai terlalu lama sehingga tidak direkomendasikan oleh penulis.

Untuk tingkat *meshing* dengan tingkat kerapatan *mesh* paling rendah adalah *grid* D. Meskipun memiliki nilai RMS error yang tidak terlalu besar yaitu sebesar 3.61% dan waktu simulasi yang dibutuhkan juga berkurang secara signifikan ± 2.75 jam, tingkat *grid* ini juga tidak direkomendasikan oleh penulis dikarenakan tampilan visual untuk permukaan aliran tangki yang dinilai kurang terlalu baik.

Tingkat *grid* yang direkomendasikan oleh penulis adalah *grid* C. Hal ini dikarenakan oleh waktu yang dibutuhkan oleh *grid* ini dinilai tidak terlalu lama serta pola aliran dari cairan didalam tangki yang terlihat dengan baik. Berikut adalah kesimpulan pada tahap analisis tingkat error *meshing*, yang kemudian akan dipakai sebagai dasar pada variasi *filling level*, yaitu :

Tabel 3.14 Jenis *Meshing* untuk Tahap Variasi *Filling Level*.

| Grid C | |
|--|----------------------|
| Run Setup | |
| Jumlah Elemen | 9484 |
| Time Step [detik] | 0.003 |
| Number of Time Step | 15000 |
| Lama Simulasi [detik] | 45 |
| Waktu yang dibutuhkan [jam] | ± 4 jam 15 menit |
| Waktu Simulasi per jam CPU [detik/jam] | 7.1 |
| *3 GHz, 32-bit processor with 5 GB RAM | |

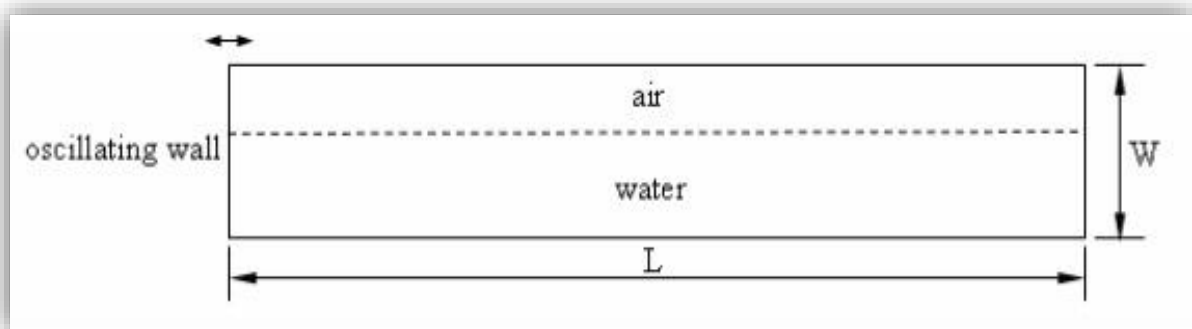
3.7 Validasi

Tahap validasi pada tugas akhir ini dilakukan terhadap langkah-langkah pada tahap simulasi FLUENT (Terlampir). Adapun acuan yang dipakai adalah tutorial *wave generation* pada tangki kotak memanjang (Fluent Inc., 2005). Pada tutorial tersebut diilustrasikan cara melakukan setting dan pemilihan solusi terhadap aliran laminar suatu fluida pada tangki kotak. Gerak eksitasi tangki akan menimbulkan gelombang pada tangki yang terisi sebagian oleh cairan dan udara. Gelombang reguler akan timbul dengan melakukan input berupa amplitudo dan frekuensi eksitasi tangki. Persamaan tangki memungkinkan tangki bergerak seolah-olah secara

sinusoidal. Pemilihan *solver* serta fase yang digunakan pada tahap validasi memiliki kesamaan dengan permasalahan pada pemodelan simulasi *sloshing* pada tugas akhir ini, yaitu *pressured based* dan *multhiphase (2-phase)*.

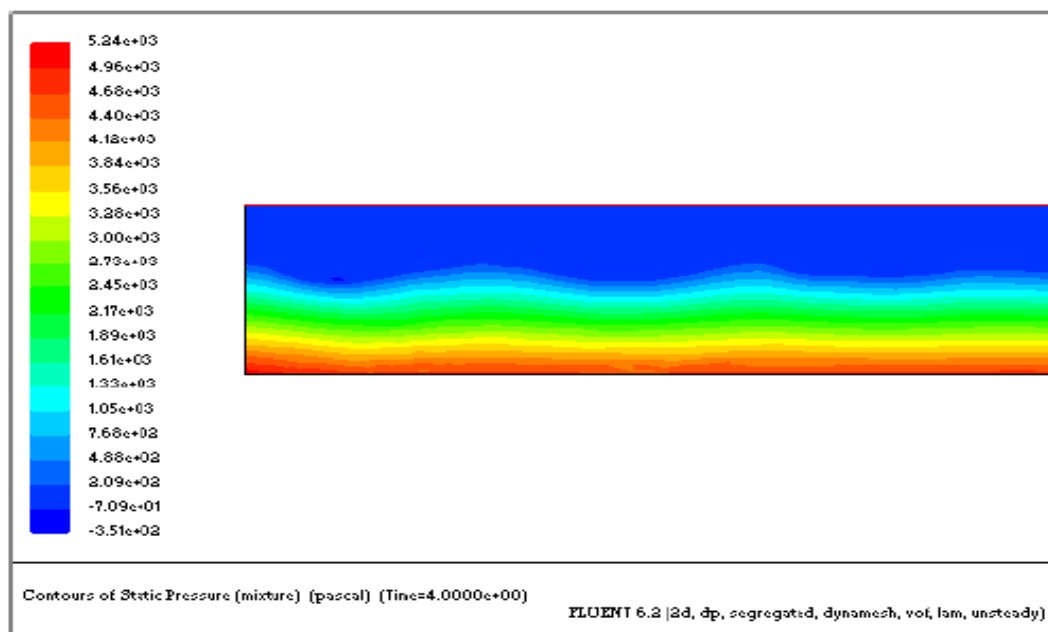
Adapun pemodelan serta karakteristik tangki pada tahap validasi ini adalah sebagai berikut :

- Panjang Tangki : 15 [m]
- Lebar Tangki : 0.8 [m]
- Asumsi Aliran : Laminer.



Gambar 3.24 Karakteristik Tangki Validasi (Fuent Inc., 2005).

Adapun gelombang yang dihasilkan dari eksitasi tangki validasi adalah sebagai berikut :

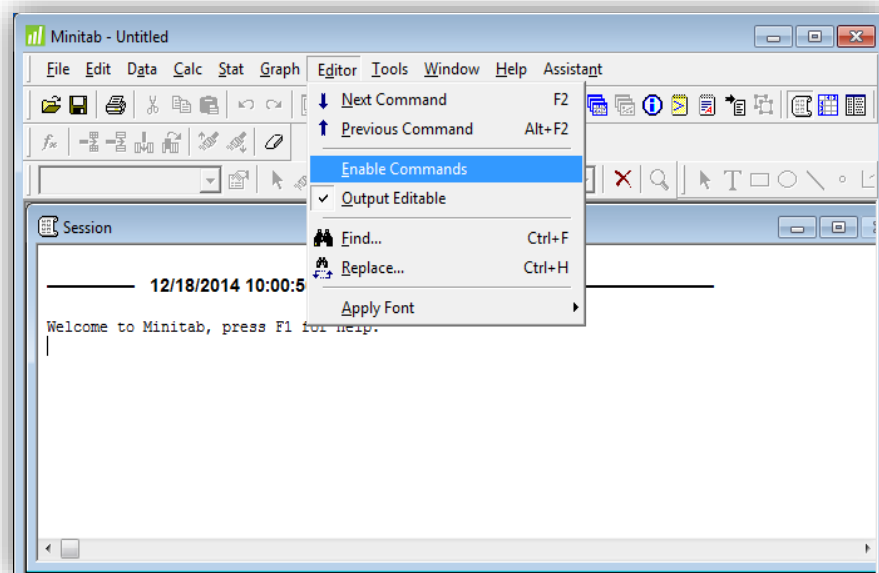


Gambar 3.25 *Static Pressure* pada Simulasi Validasi.

3.8 *Probability Exceeds*

Analisis sebaran data output yang digunakan pada tugas akhir ini adalah analisis sebaran data Weibull dengan 3 jenis parameter. Pada kenyataannya, asumsi Weibull adalah distribusi nyata yang menggambarkan kondisi yang berkaitan dengan kejadian nyata seperti suatu keterkaitan dengan performa suatu alat. Pada aplikasi tugas akhir ini, analisis Weibull digunakan untuk menggambarkan propabilitas sebaran data *pressure* terhadap 3 parameter Weibull. Berikut adalah langkah-langkah analisis sebaran data terhadap distribusi Weibull dengan bantuan *software* Minitab :

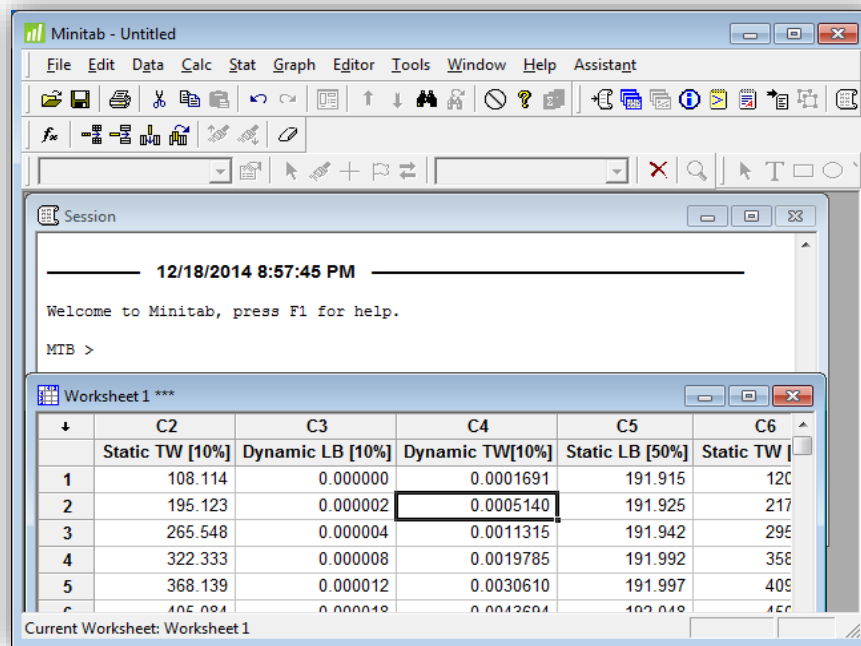
1. Mengaktifkan Panel *Enable Command* pada *Toolbars Editor*.



Gambar 3.26 Aktivasi Panel *Enable Command*.

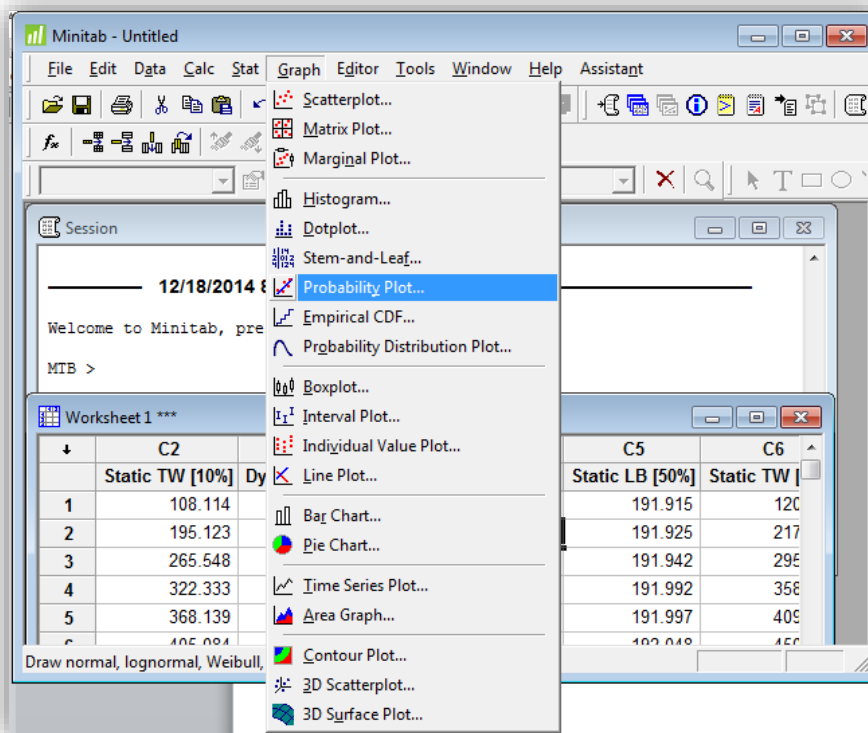
2. Input data yang akan dianalisis kedalam *software* Minitab.

Sebelum melakukan input data kedalam Minitab, *user* disarankan untuk melakukan proses mengurutkan data dari data dengan nilai paling kecil ke data dengan nilai yang terbesar. Hal ini bertujuan untuk memudahkan serta mempercepat proses analisis data sebaran Weibull yang disimulasikan pada *software* Minitab. Visualisasi dari pada tahap ini digambarkan oleh Gambar 3.26 dibawah ini :



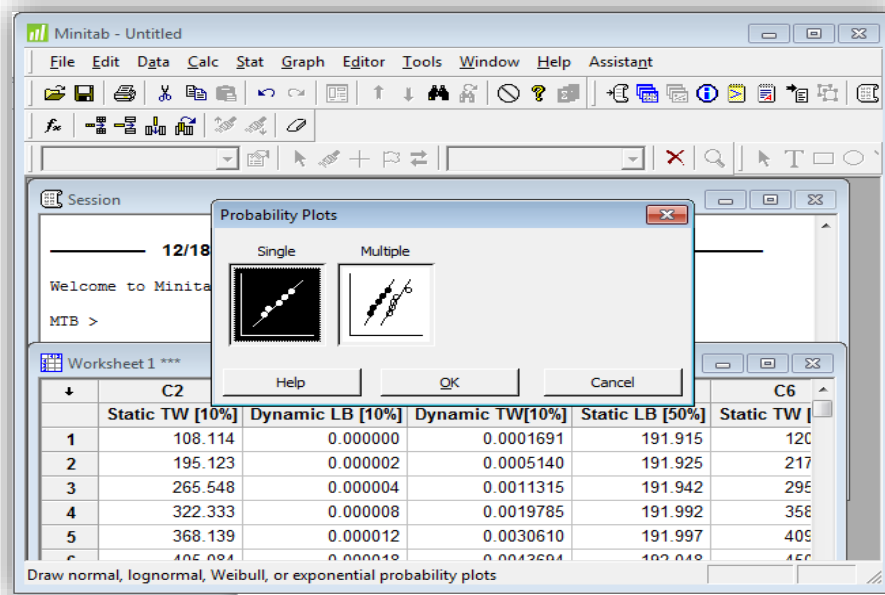
Gambar 3.27 Simulasi Input Data pada Minitab.

3. Mengaktifkan Panel *Probability Plot*.



Gambar 3.28 Pengaktifan Panel *Probability Plot*.

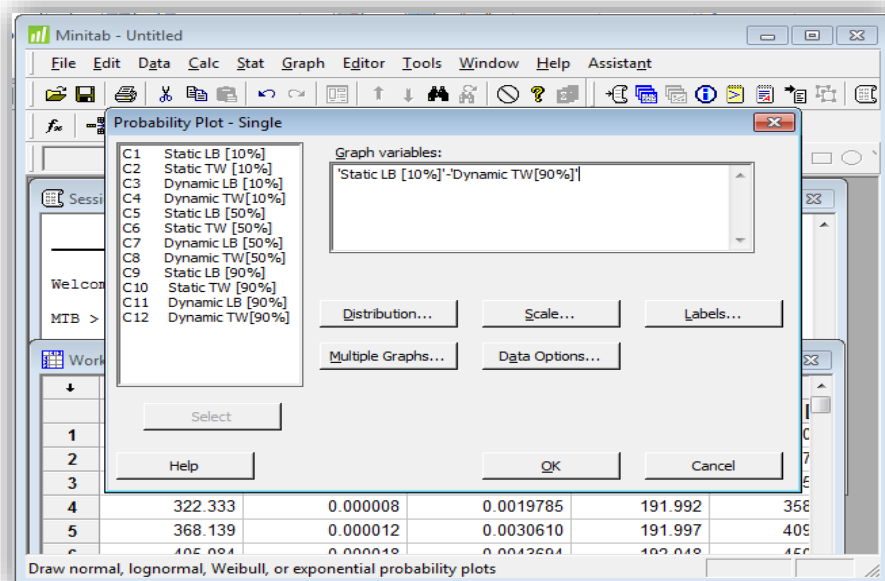
4. Pemilihan Tipe *Probability Plot*.



Gambar 3.29 Pemilihan *Probability Plot*.

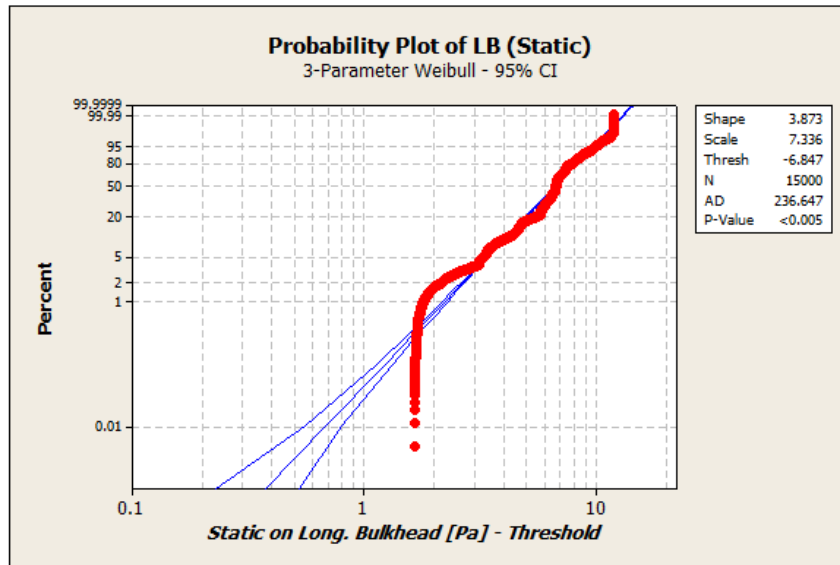
Pemilihan tipe *probability plot* didasarkan tampilan grafik pada *output* yang akan ditampilkan oleh *user* untuk proses analisis pada tahap selanjutnya, terdapat pilihan *single* dan *multiple*.

5. Pemilihan Input Data yang akan Dianalisis.



Gambar 3.30 Pemilihan Input Data pada Tahap Analisis Sebaran Weibull 3 Parameter.

6. Hasil Output Analisis Sebaran Weibull 3 Parameter.



Gambar 3.31 Grafik Output Analisis Sebaran Weibull 3 Parameter.

Hasil output analisis sebaran Weibull dengan bantuan *software* Minitab berupa grafik yang menunjukkan probabilitas data input muncul serta simpangan sebaran data input terhadap 3 parameter utama pada analisis sebaran Weibull.

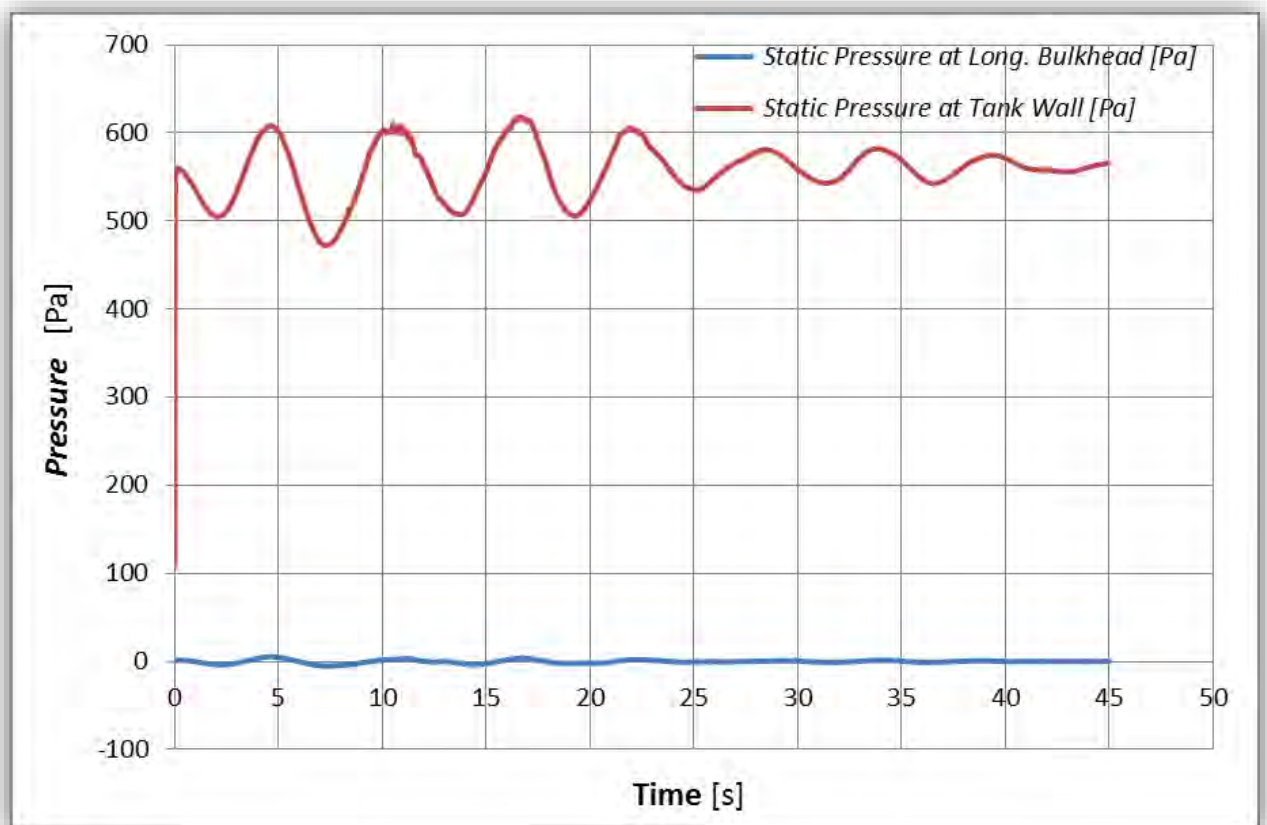
Halaman ini sengaja dikosongkan.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Perhitungan

Pada sub-bab hasil perhitungan ini, data yang diperoleh dari tahap variasi *filling level* 10%, 50% dan 90% adalah data *static pressure*, *dynamic pressure* dan *total pressure* menggunakan jenis *grid C*, sedangkan kondisi batas yang dijadikan acuan adalah dinding tangki jenis *Tank Wall* dan *Longitudinal Bulkhead*. Hasil perhitungan direpresentasikan dalam bentuk grafik, yang merupakan rekaman data hasil simulasi FLUENT dengan *time step* 0.003s dan *number of time step* 15000.

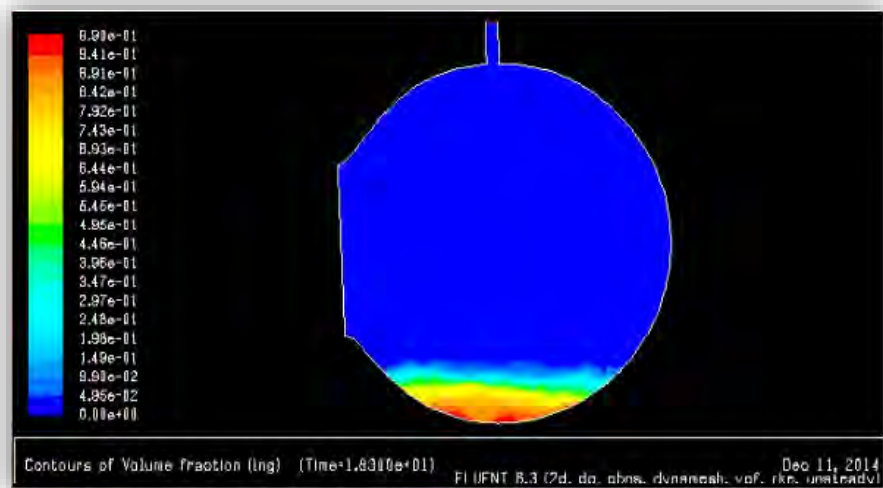
4.1.1 Hasil perhitungan *Static Pressure*, *Filling Level* 10%



Gambar 4.1 Grafik *Static Pressure* on Long. Bulkhead & Tank Wall [Pa].

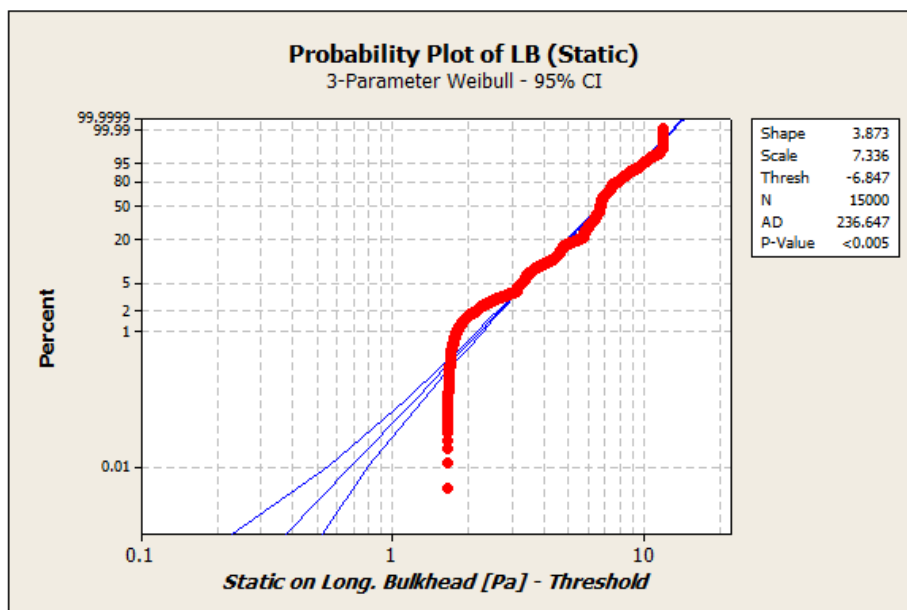
Grafik pada Gambar 4.1 menunjukkan bahwa *static pressure* pada *long. bulkhead* memiliki nilai konstan mendekati absis yaitu nol, hal ini diakibatkan karena tinggi dari permukaan fluida pada *filling level* 10% tidak mengenai dari dinding tangki jenis *long. bulkhead*

sehingga nilai dari besarnya *static pressure* adalah mendekati nol. Pada dinding jenis *tank wall* memiliki nilai *static pressure* yang berangsur-angsur konstan pada *number of time step* > 14000, hal ini diakibatkan karena pada *number of time step* tersebut, eksitasi tangki mulai hilang/bernilai nol. *Static pressure* maksimum yang terjadi pada dinding *tank wall* pada *filling level* ini adalah 618.3731 [Pa] yang terjadi pada *time step* 18.3 detik, gambar dibawah menunjukkan hasil animasi pada saat terjadi nilai *static pressure* maksimum pada dinding tangki *tank wall* & *filling level* 10% :



Gambar 4.2 Fenomena *Sloshing* pada *Filling Level* 10%.

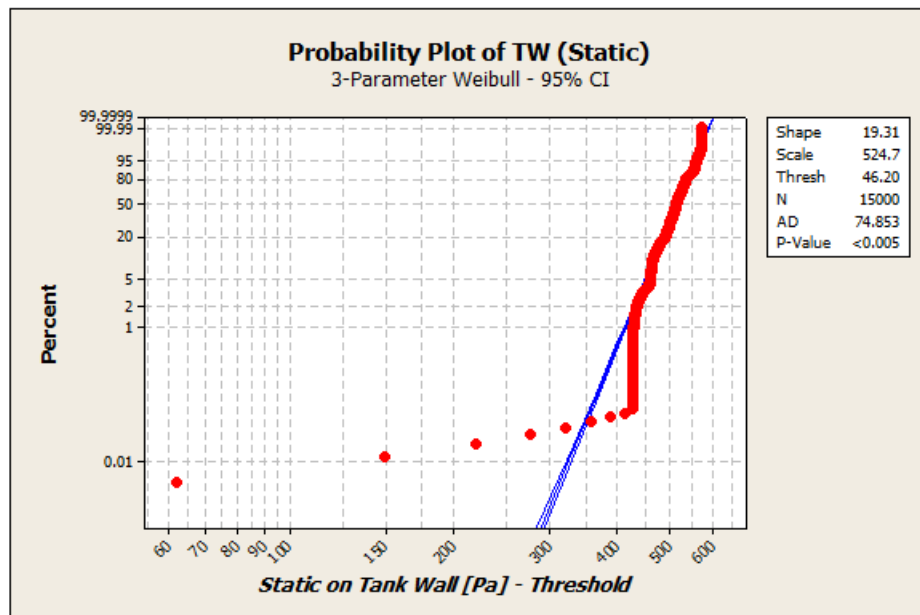
4.1.1.1 Probability Exceeds pada Long. Bulkhead.



Gambar 4.3 Grafik Probability Plot Ditribusi Weibull pada *Long. Bulkhead*.

Nilai rekaman *static pressure* pada dinding tangki *long. bulkhead* digunakan sebagai input data untuk tahap analisis sebaran data Weibull 3 parameter, yang ditunjukkan oleh grafik pada Gambar 4.3. Dari gambar tersebut ditunjukkan bahwa sebaran data memiliki probabilitas kemunculan yang tinggi pada rentang nilai ± 10 [Pa] yaitu memiliki probabilitas kemunculan yaitu $> 80\%$.

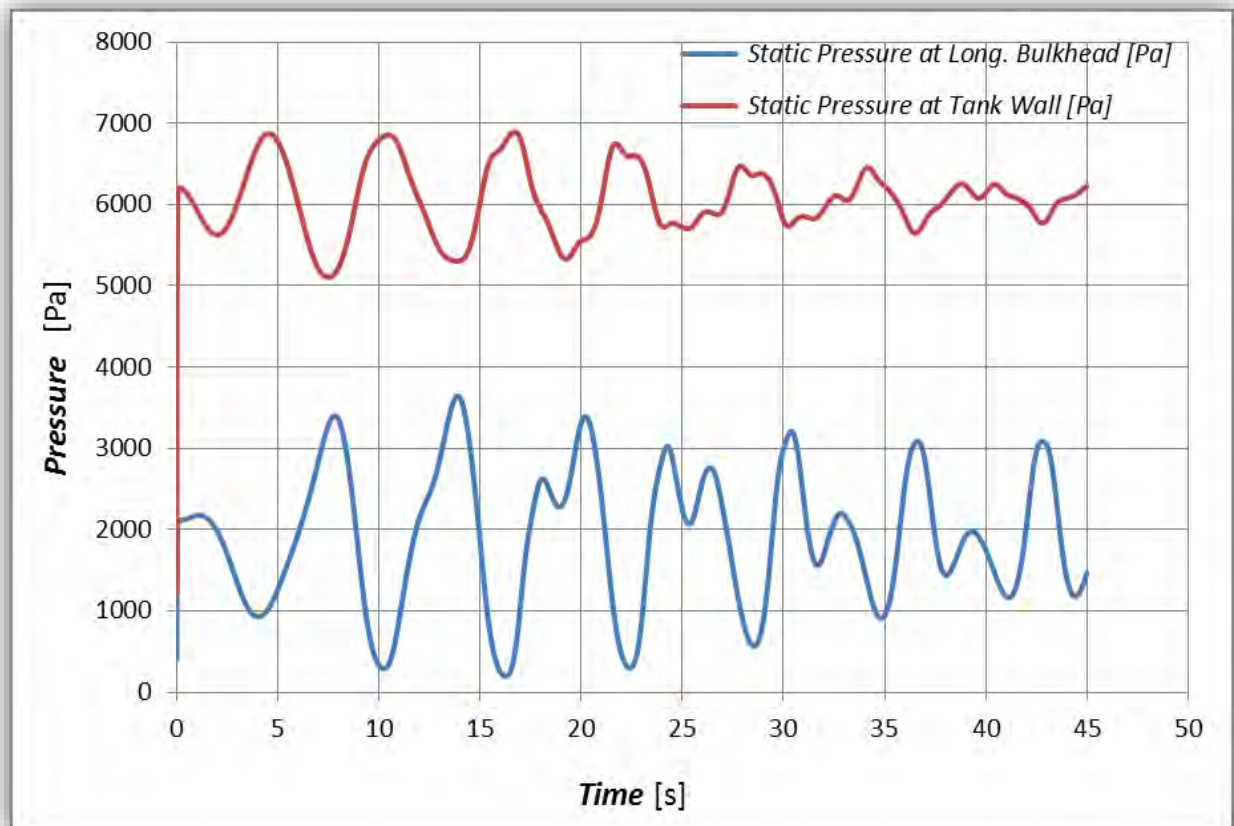
4.1.1.2 Probability Exceeds pada Tank Wall.



Gambar 4.4 Grafik Probability Plot Distribusi Weibull pada *Tank Wall*.

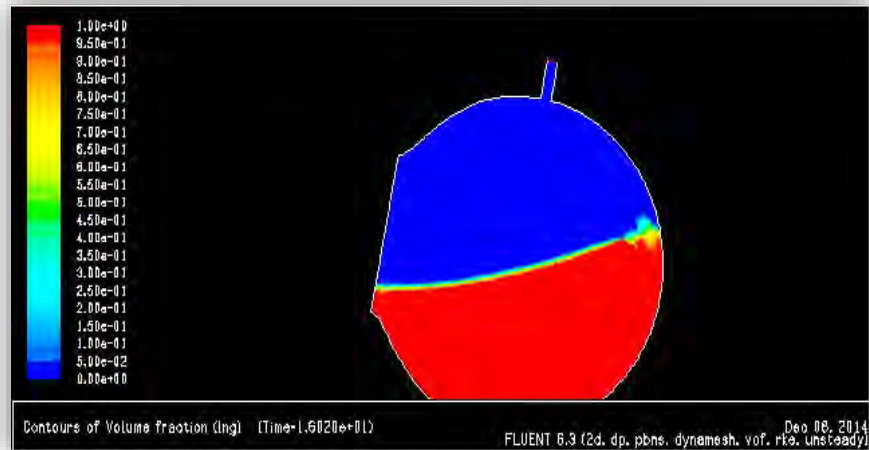
Probabilitas kemunculan dari data rekaman terhadap *static pressure* yang terjadi pada dinding tangki *tank wall* memiliki nilai yang signifikan pada rentang nilai ± 550 [Pa] dengan nilai probabilitas $> 80\%$. Hal ini sesuai dengan data yang ditunjukkan oleh grafik pada Gambar 4.1 untuk dinding tangki *tank wall*, yang memiliki rekaman osilasi data *pressure* yang didominasi pada rentang nilai 500 [Pa] – 600 [Pa].

4.1.2 Hasil perhitungan *Static Pressure*, *Filling Level 50%*



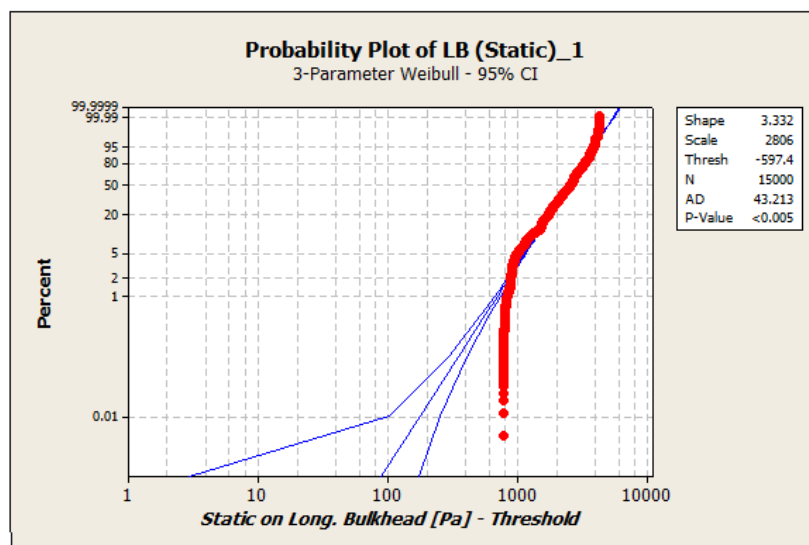
Gambar 4.5 Grafik *Static Pressure* on Long. Bulkhead & Tank Wall [Pa].

Dari grafik diatas, dapat diketahui bahwa *static pressure* pada *tank wall* memiliki kecenderungan berangsur-angsur menurun setelah mencapai *pressure* maksimum pada nilai 6891.164 [Pa]. Grafik *static pressure* pada *tank wall* akan mencapai nilai konstan pada waktu yang lama, hal ini dikarenakan respons eksitasi tangki yang berangsur-angsur hilang hingga mencapai kondisi diam. Sedangkan pada *long. bulkhead* juga memiliki kecenderungan yang sama yaitu memiliki kecenderungan osilasi *pressure* yang berangsur-angsur menurun setelah mencapai *pressure* maksimum pada 3643.889 [Pa] yang terjadi pada *time step* 16.02 detik. Berikut adalah gambaran fenomena *sloshing* saat terjadi nilai *static pressure* maksimum pada *tank wall filling level 50%* :



Gambar 4.6 Fenomena *Sloshing* pada *Filling Level* 50%.

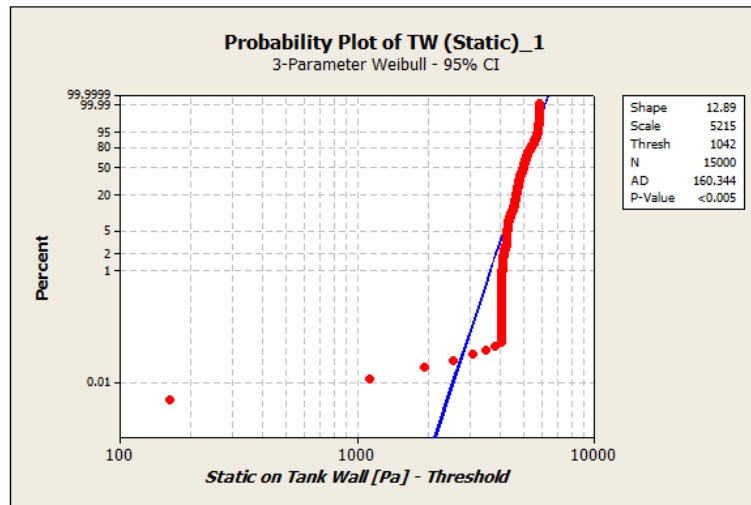
4.1.2.1 Probability Exceeds pada Long. Bulkhead.



Gambar 4.7 Grafik Probability Plot Ditribusi Weibull pada *Long. Bulkhead*.

Pada grafik tersebut ditunjukkan bahwa sebaran data *pressure* memiliki sebaran yang relatif sama dengan 3 parameter Weibull yaitu untuk nilai *pressure* >1000 [Pa] dengan presentase kemunculan > 2%. Dari gambar tersebut juga dapat disimpulkan bahwa sebaran data memiliki probabilitas kemunculan yang tinggi pada rentang nilai ± 3500 [Pa] yaitu memiliki probabilitas kemunculan yaitu > 80%.

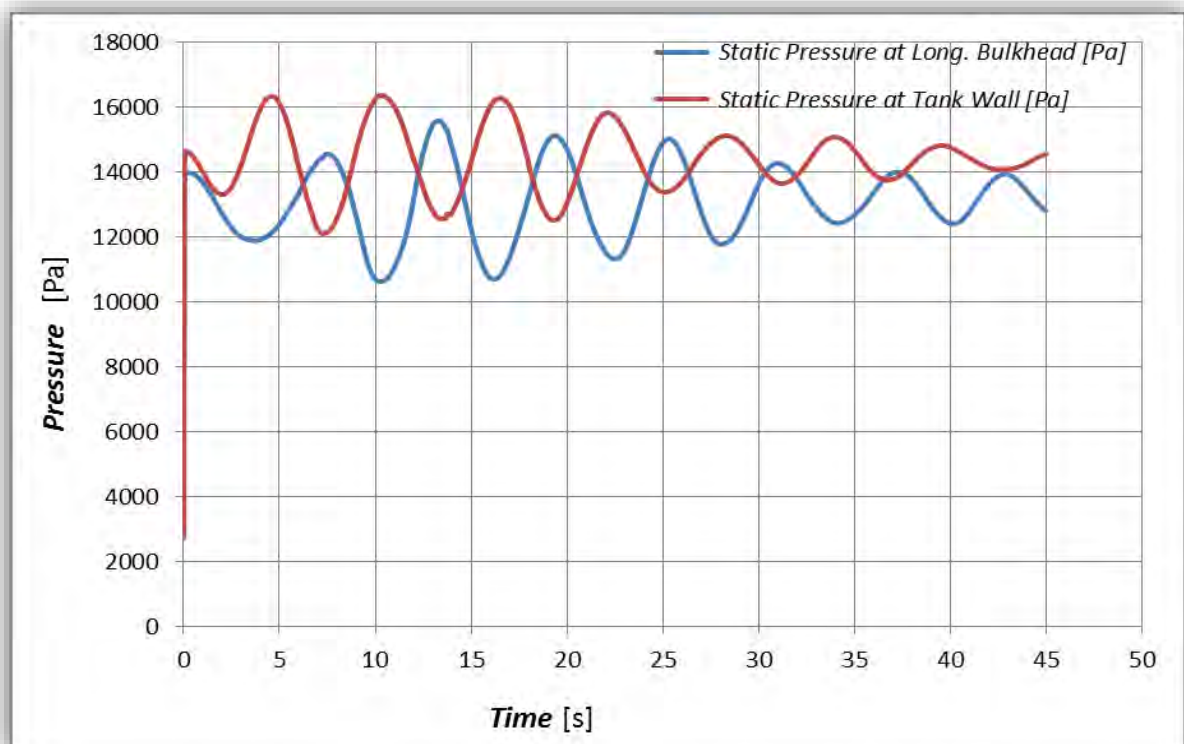
4.1.2.2 Probability Exceeds pada Tank Wall.



Gambar 4.8 Grafik Probability Plot Distribusi Weibull pada *Tank Wall*.

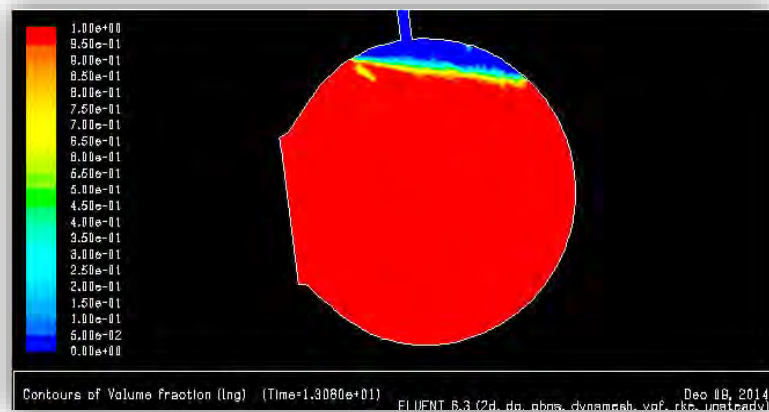
Probabilitas kemunculan dari data rekaman terhadap *static pressure* yang terjadi pada dinding tangki *tank wall* memiliki nilai yang relatif sama dengan pola sebaran Weibull 3 parameter adalah pada kondisi nilai pressure dengan presentase $> 10\%$.

4.1.3 Hasil perhitungan *Static Pressure, Filling Level 90%*



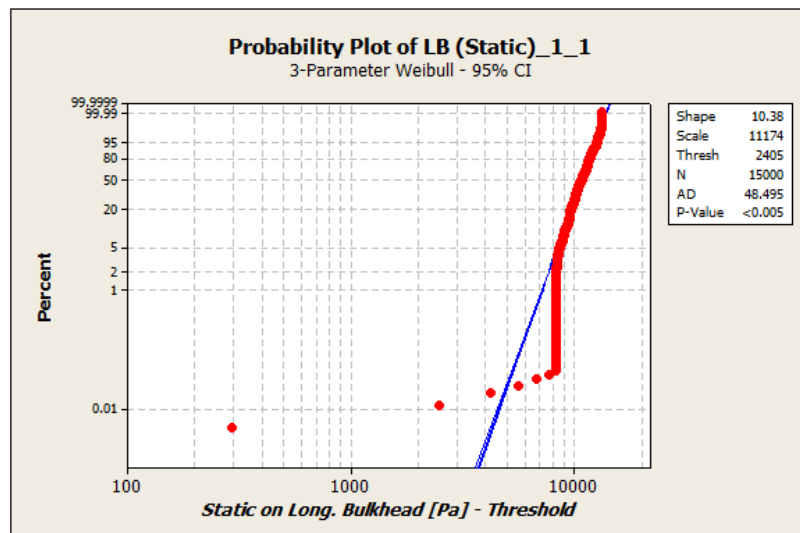
Gambar 4.9 Grafik *Static Pressure on Long. Bulkhead & Tank Wall [Pa]*.

Hasil rekaman *static pressure* pada tingkat *filling level* 90% memiliki nilai yang relatif sama pada kedua jenis kondisi batas tangki. Hal ini dikarenakan *static pressure* sepenuhnya dipengaruhi oleh ketinggian dari cairan dalam tangki. Pada *filling level* 90% kedua kondisi batas sama-sama tertutup sepenuhnya oleh cairan LNG, sehingga data *pressure* tidak memiliki perbedaan yang signifikan. Adapun *pressure* maksimum yang terjadi pada *tank wall* adalah 16349.56 [Pa] yaitu pada *time step* 13.06 detik. Sedangkan pada *longitudinal bulkhead* adalah sebesar 15570.17 [Pa]. Berikut adalah visualisai pada saat terjadi *static pressure* maksimum pada *tank wall filling level* 90% :



Gambar 4.10 Fenomena *Sloshing* pada *Filling Level* 90%.

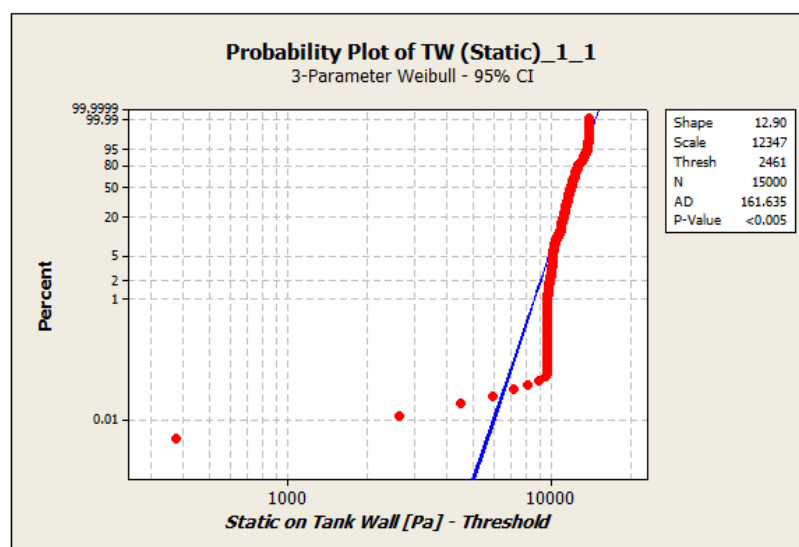
4.1.3.1 Probability Exceeds pada Long. Bulkhead.



Gambar 4.11 Grafik Probability Plot Ditribusi Weibull pada *Long. Bulkhead*.

Nilai rekaman *static pressure* pada dinding tangki *long. bulkhead* yang ditunjukkan pada Gambar 4.11 memiliki sebaran data memiliki probabilitas kemunculan yang tinggi pada rentang nilai ± 10000 [Pa] yaitu memiliki probabilitas kemunculan yaitu $> 80\%$. Tingginya nilai prosentase pada *pressure* sebesar itu sesuai dengan teori dari *static pressure* yang sangat dipengaruhi oleh ketinggian *filling level* dari tangki observasi, sehingga untuk *filling level* sebesar 90%, maka besaran probabilitas kemunculan *static pressure* memiliki nilai yang tinggi pada kondisi *pressure* dengan rentang nilai ± 10000 [Pa].

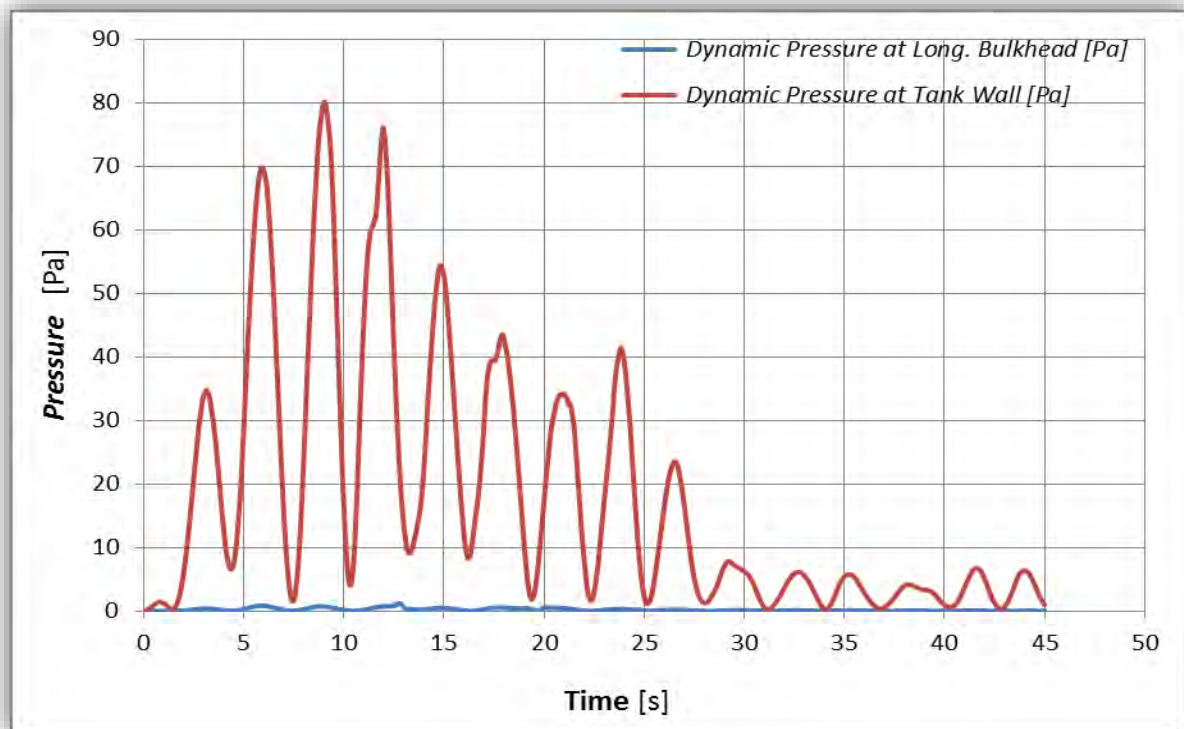
4.1.3.2 Probability Exceeds pada Tank Wall.



Gambar 4.12 Grafik Probability Plot Ditribusi Weibull pada *Tank Wall*.

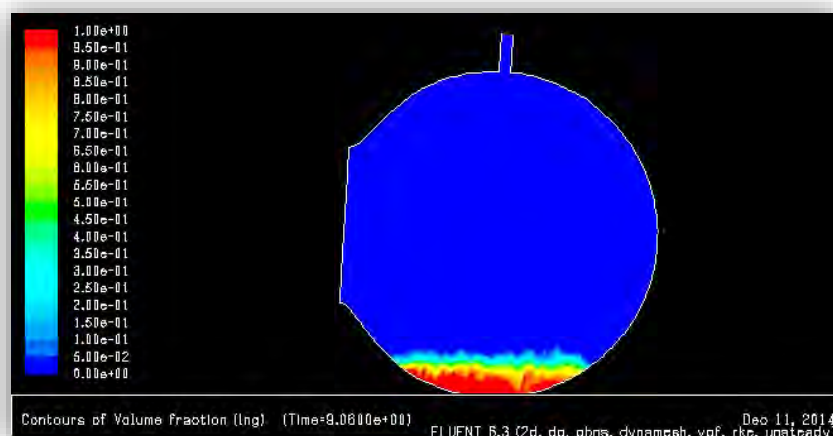
Grafik probabilitas pada diatas memiliki kesesuaian dengan data *pressure* yang ditunjukkan pada Gambar 4.9 yang memiliki probabilitas tinggi pada data *pressure* ± 10000 [Pa] yaitu dengan nilai probabilitas $> 80\%$.

4.1.4 Hasil perhitungan *Dynamic Pressure*, *Filling Level 10%*



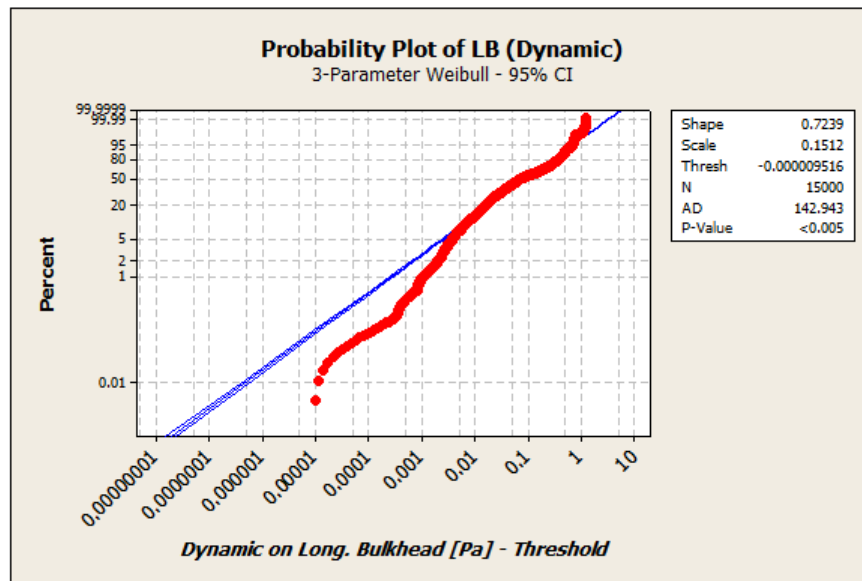
Gambar 4.13 Grafik *Dynamic Pressure* on *Long. Bulkhead & Tank Wall* [Pa].

Grafik diatas menunjukkan rekaman data *pressure* yang identik dengan hasil pada Gambar 4.1, yaitu menunjukkan bahwa pada *long. bulkhead* memiliki nilai *dynamic pressure* yang mendekati nilai nol, sedangkan grafik pada *tank wall* memiliki kecenderungan yang sama dengan kurva spektra respons yang berangsur-angsur menurun setelah mencapai nilai maksimumnya yaitu 80.12007 [Pa] yang terjadi pada time step 9.06 detik. Berikut adalah animasi saat terjadi *dynamic pressure* maksimum pada *tank wall* kondisi *filling level 10%* :



Gambar 4.14 Fenomena *Sloshing* pada *Filling Level 10%*.

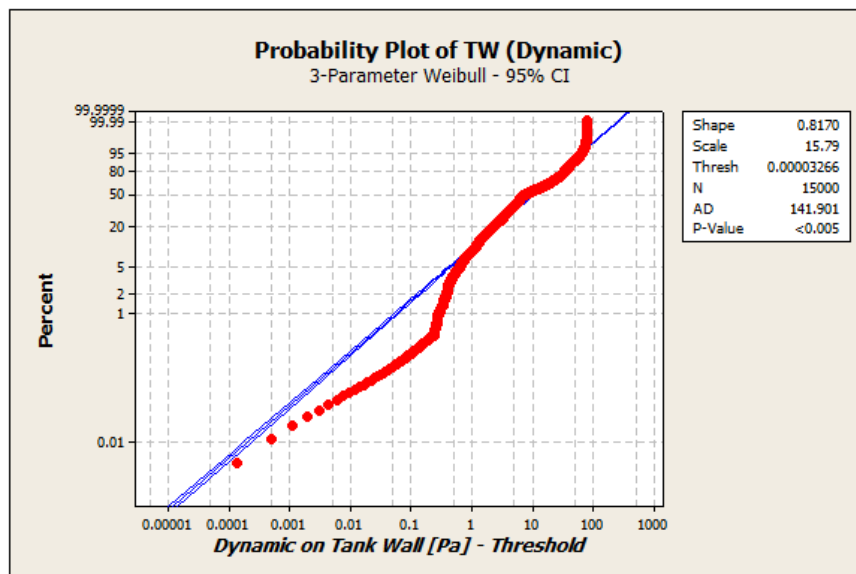
4.1.4.1 Probability Exceeds pada Long. Bulkhead.



Gambar 4.15 Grafik Probability Plot Ditribusi Weibull pada *Long. Bulkhead*.

Pada grafik tersebut ditunjukkan bahwa sebaran data *pressure* memiliki sebaran yang relatif sama dengan 3 parameter Weibull yaitu untuk nilai *pressure* > 0.001 [Pa] dengan presentase kemunculan > 20%. Dari gambar tersebut juga dapat disimpulkan bahwa sebaran data memiliki probabilitas kemunculan yang tinggi pada rentang nilai ± 1 [Pa] yaitu memiliki probabilitas kemunculan yaitu > 80%.

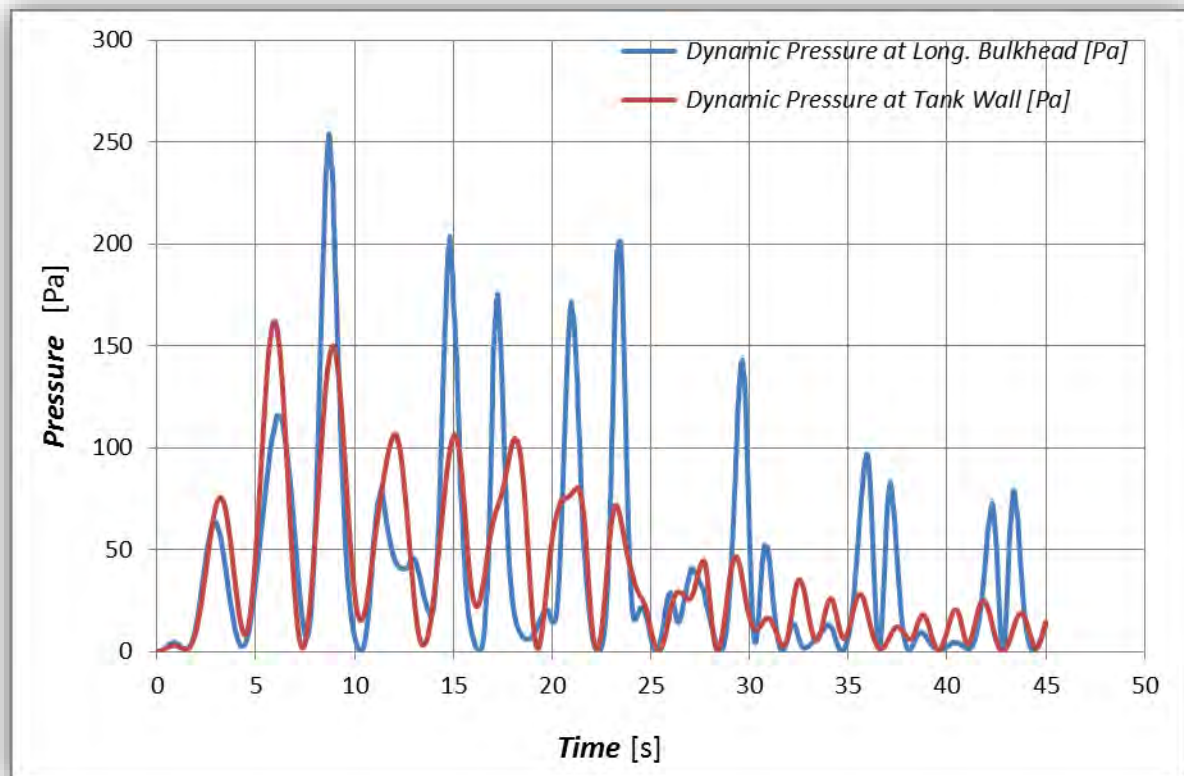
4.1.4.2 Probability Exceeds pada Tank Wall



Gambar 4.16 Grafik Probability Plot Ditribusi Weibull pada *Tank Wall*.

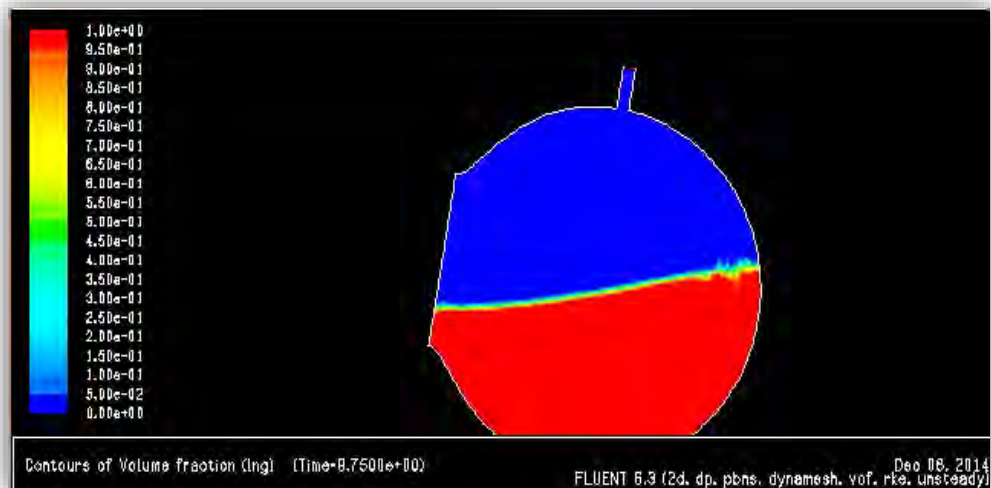
Pada grafik tersebut ditunjukkan bahwa sebaran data *pressure* memiliki sebaran yang relatif sama dengan 3 parameter Weibull yaitu untuk nilai *pressure* > 1 [Pa] dengan presentase kemunculan > 5%. Dari gambar tersebut juga dapat disimpulkan bahwa sebaran data memiliki probabilitas kemunculan yang tinggi pada rentang nilai ± 100 [Pa] yaitu memiliki probabilitas kemunculan yaitu > 80%.

4.1.5 Hasil perhitungan *Dynamic Pressure, Filling Level 50%*



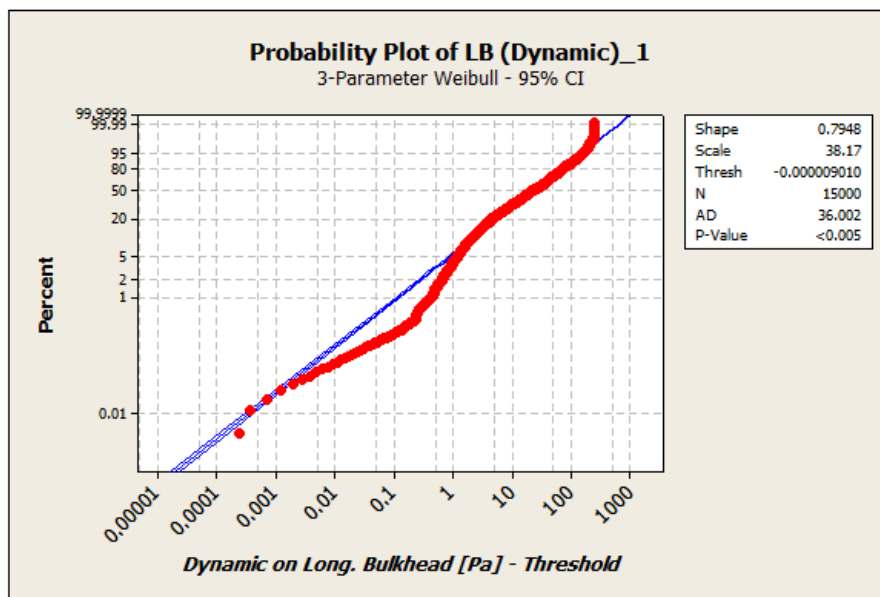
Gambar 4.17 Grafik *Dyamic Pressure on Long. Bulkhead & Tank Wall* [Pa].

Nilai *dynamic pressure* pada *tank wall* untuk *filling level* ini adalah 162.1433 [Pa], sedangkan pada *long. bulkhead* adalah sebesar 253.8503 [Pa]. Pada kenyataanya, besarnya *dynamic pressure* pada *long. bulkhead* akan memiliki tekanan 2x lebih besar daripada hasil simulasi FLUENT pada tugas akhir ini, hal ini diakibatkan karena pemodelan pada tugas akhir ini hanya separuh dari penampang melintang tangki jenis *bilobe*. Berikut adalah fenomena *sloshing* yang mengakibatkan nilai *dynamic pressure* maksimum :



Gambar 4.18 Fenomena *Sloshing* pada *Filling Level* 50%.

4.1.5.1 Probability Exceeds pada Long. Bulkhead.



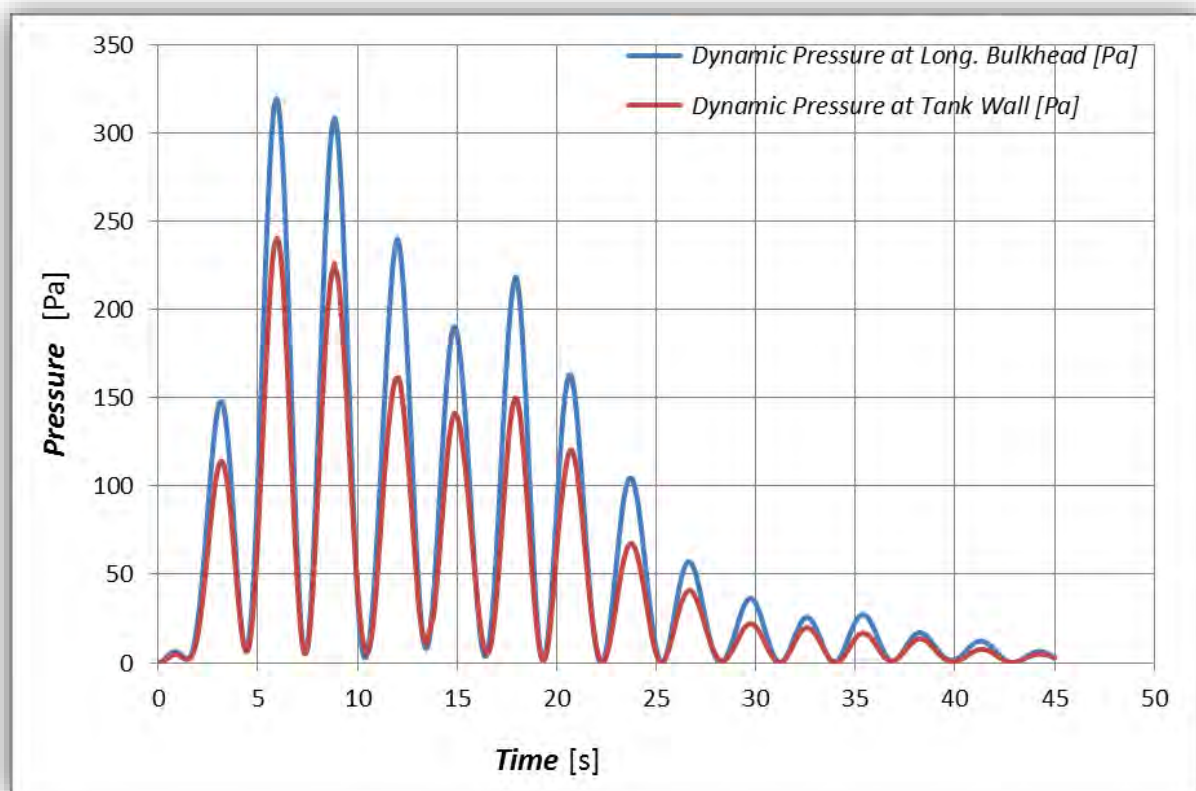
Gambar 4.19 Grafik Probability Plot Ditribusi Weibull pada *Long. Bulkhead*.

Pada grafik tersebut ditunjukkan bahwa sebaran data *pressure* memiliki sebaran yang relatif sama dengan 3 parameter Weibull yaitu untuk nilai *pressure* > 1 [Pa] dengan presentase kemunculan $> 5\%$. Dari gambar tersebut juga dapat disimpulkan bahwa sebaran data memiliki probabilitas kemunculan yang tinggi pada rentang nilai ± 100 [Pa] yaitu memiliki probabilitas kemunculan yaitu $> 80\%$.

4.1.5.2 Probability Exceeds pada Tank Wall

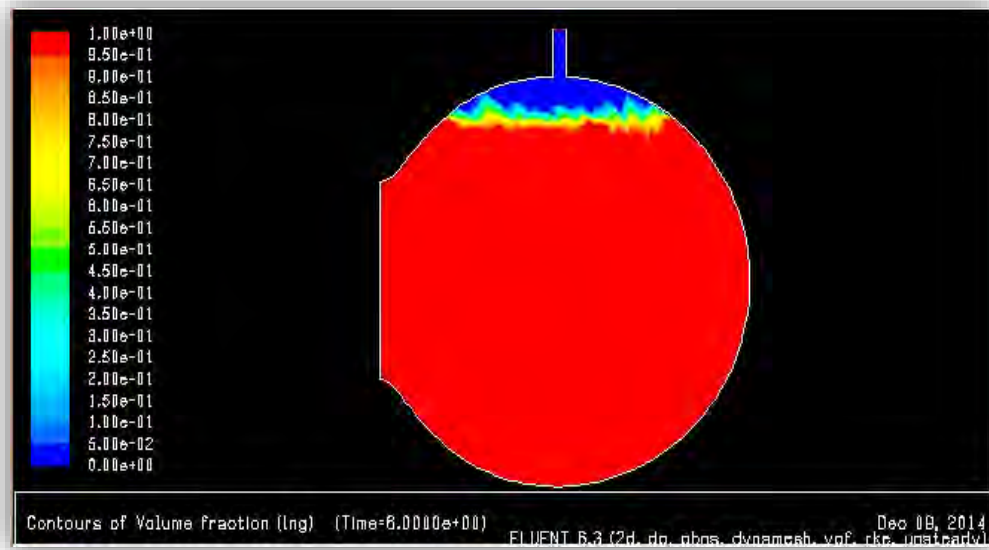
Berdasarkan grafik yang ditunjukkan pada Gambar 4.17, bahwa sebaran data *pressure* memiliki sebaran yang relatif sama dengan 3 parameter Weibull yaitu untuk nilai *pressure* > 1 [Pa] dengan presentase kemunculan > 5%. Dari gambar tersebut juga dapat disimpulkan bahwa sebaran data memiliki probabilitas kemunculan yang tinggi pada rentang nilai ± 100 [Pa] yaitu memiliki probabilitas kemunculan yaitu > 80%.

4.1.6 Hasil perhitungan *Dynamic Pressure* , *Filling Level 90%*



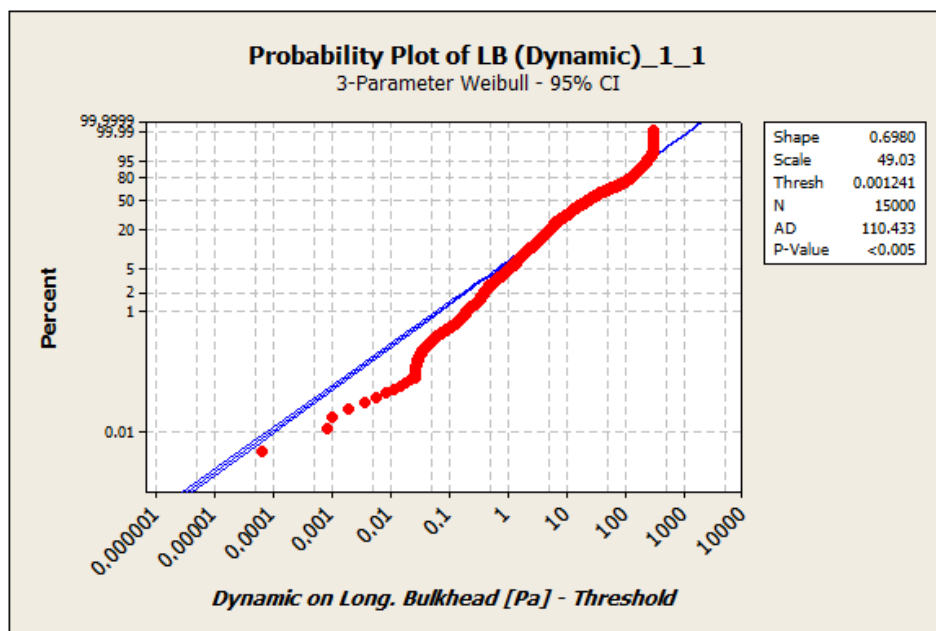
Gambar 4.20 Grafik *Dyamic Pressure on Long. Bulkhead & Tank Wall* [Pa].

Pada filling level 90%, besarnya *dynamic pressure* memiliki kecenderungan menurun setelah mencapai nilai maksimumnya, pada *tank wall* adalah sebesar 240.1272 [Pa] serta pada *long. bulkhead* 319.2278 [Pa] yaitu pada *time step* 6.0 detik. Berikut adalah visualisasi saat terjadi *pressure* maksimum pada dinding tangki :



Gambar 4.21 Fenomena *Sloshing* pada *Filling Level* 90%.

4.1.6.1 Probability Exceeds pada Long. Bulkhead.



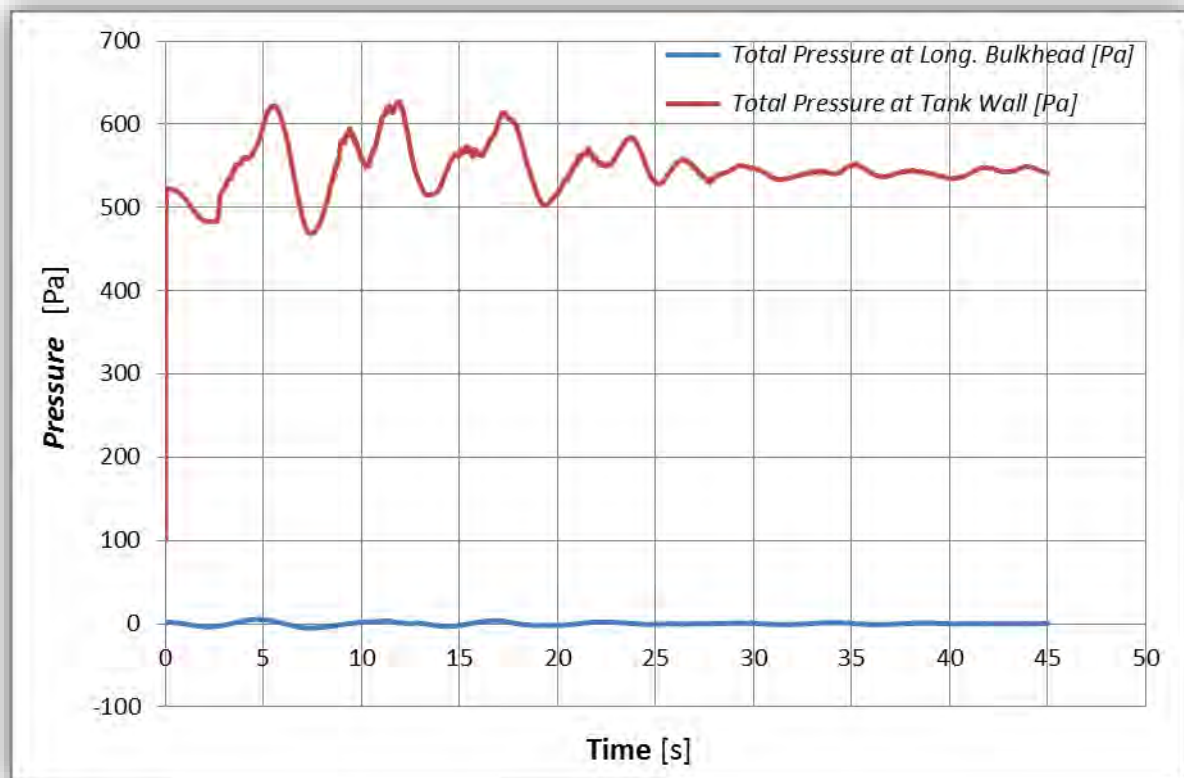
Gambar 4.22 Grafik Probability Plot Ditribusi Weibull pada *Long. Bulkhead*.

Pada grafik tersebut ditunjukkan bahwa sebaran data *pressure* memiliki sebaran yang relatif sama dengan 3 parameter Weibull yaitu untuk nilai *pressure* > 1 [Pa] dengan presentase kemunculan > 5%. Dari gambar tersebut juga dapat disimpulkan bahwa sebaran data memiliki probabilitas kemunculan yang tinggi pada rentang nilai ± 90 [Pa] yaitu memiliki probabilitas kemunculan yaitu > 80%.

4.1.6.2 Probability Exceeds pada Tank Wall

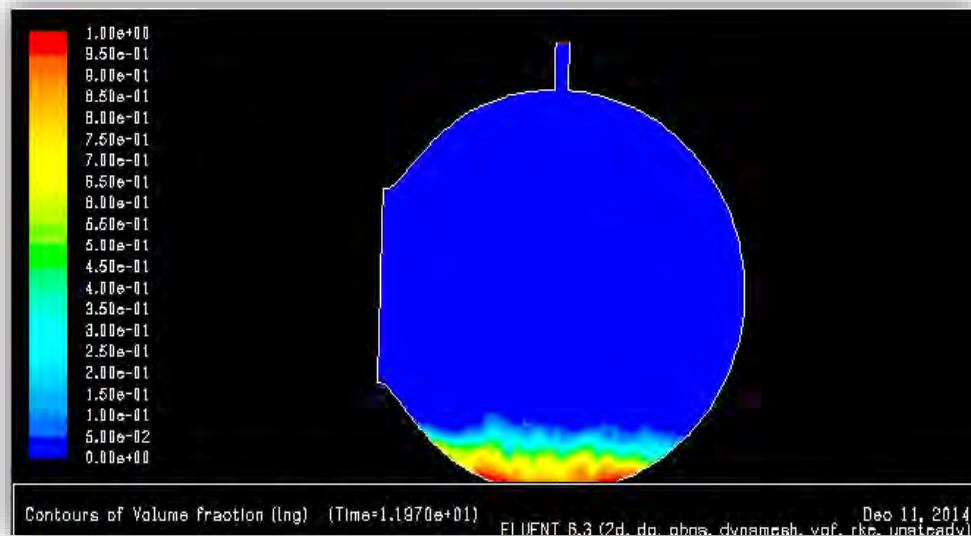
Pada grafik yang ditunjukkan oleh Gambar 4.20 untuk *Tank Wall*, bahwa sebaran data *pressure* memiliki sebaran yang relatif sama dengan 3 parameter Weibull yaitu untuk nilai *pressure* > 1 [Pa] dengan presentase kemunculan $> 5\%$. Dari gambar tersebut juga dapat disimpulkan bahwa sebaran data memiliki probabilitas kemunculan yang tinggi pada rentang nilai ± 90 [Pa] yaitu memiliki probabilitas kemunculan yaitu $> 80\%$.

4.1.7 Hasil perhitungan *Total Pressure* , *Filling Level 10%*



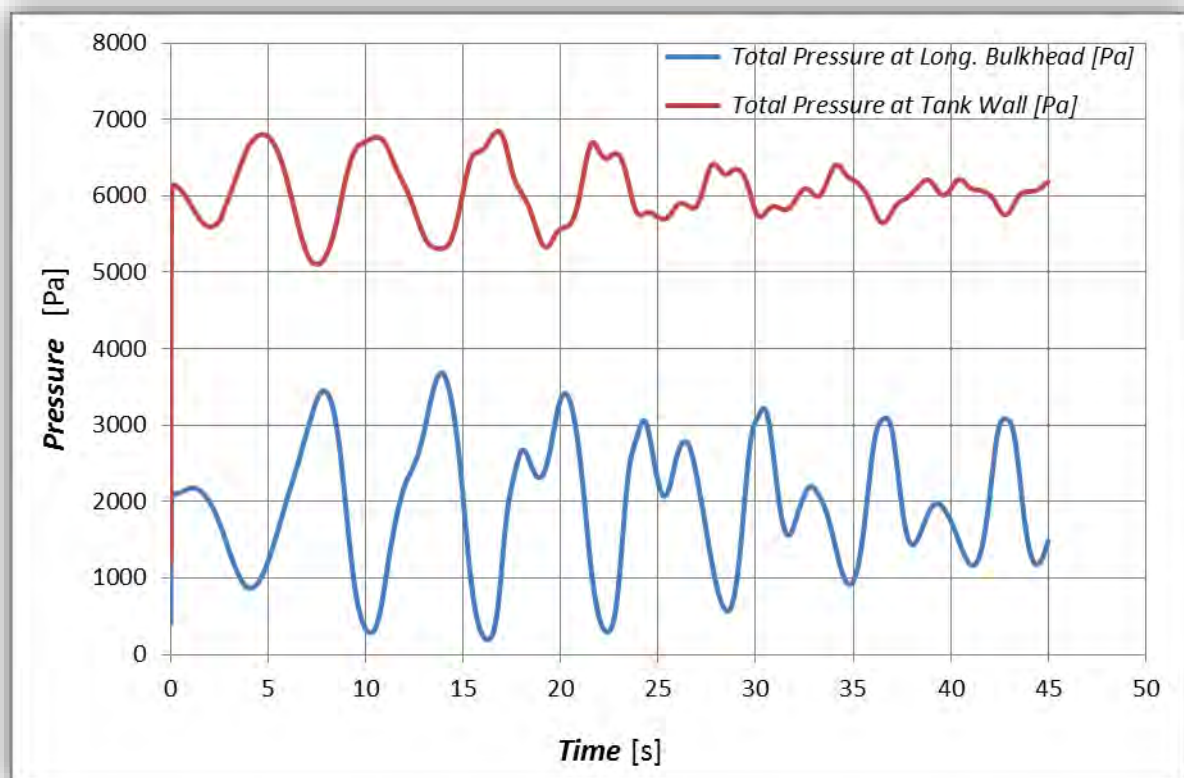
Gambar 4.23 Grafik *Total Pressure* on Long. Bulkhead & Tank Wall [Pa].

Dari penjumlahan antara *static pressure* dan *dynamic pessure* pada *filling level 10%*, didapat besaran *total pressure* maksimum pada *tank wall* adalah 626.9551 [Pa] yang terjadi pada *time step* 11.97 detik, sedangkan pada *long. bulkheaad* adalah 5.228004 [Pa]. Berikut adalah gambaran *sloshing* saat terjadi *pressure* maksimum :



Gambar 4.24 Fenomena *Sloshing* pada *Filling Level* 10%.

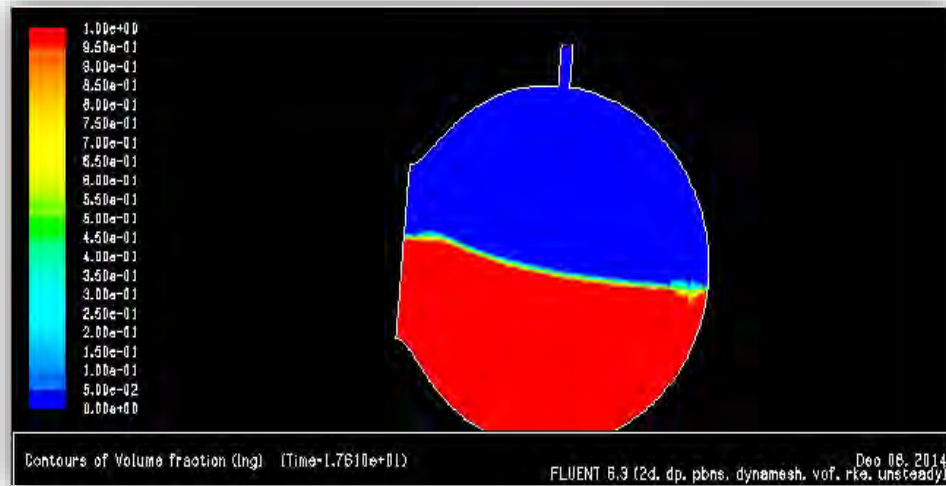
4.1.8 Hasil perhitungan *Total Pressure* , *Filling Level* 50%



Gambar 4.25 Grafik *Total Pressure* on *Long. Bulkhead* & *Tank Wall* [Pa].

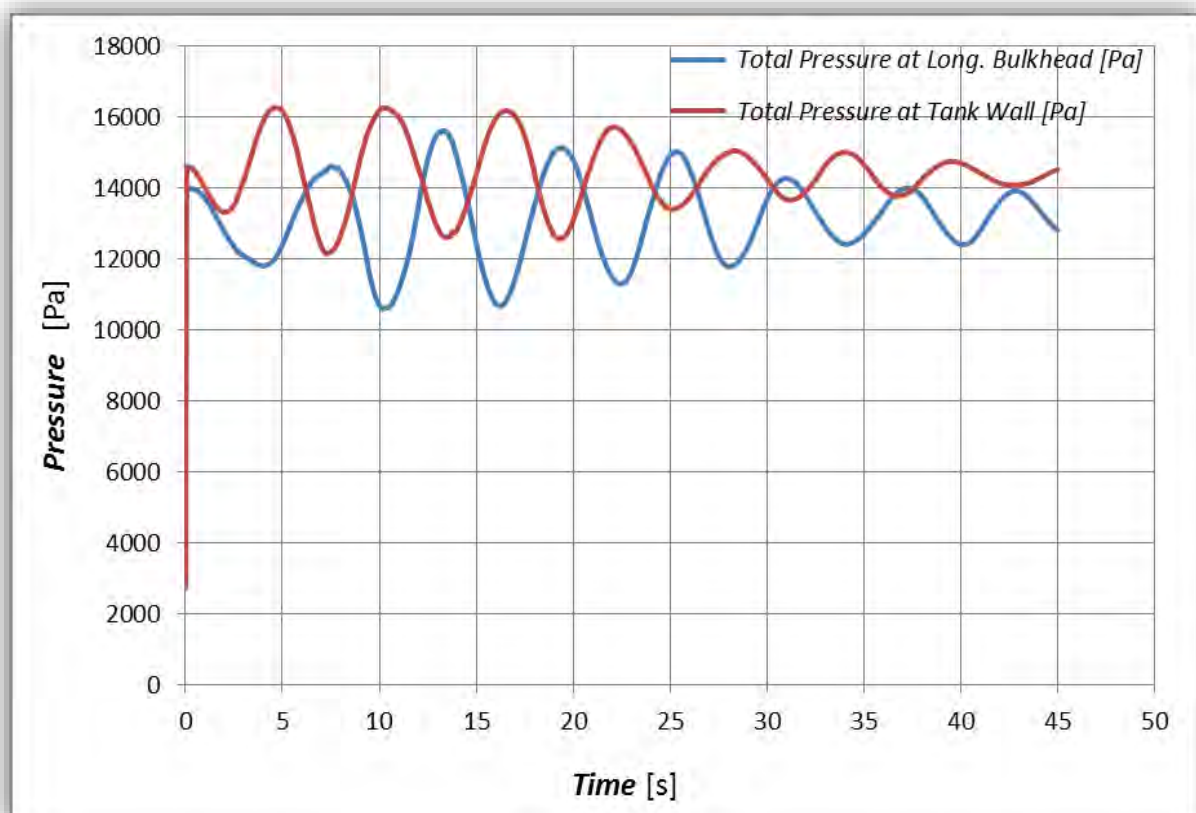
Total pressure merupakan hasil penjumlahan dari *static pressure* dan *long. bulkhead* pada *filling level* 50%, sehingga didapatkan nilai maksimum dari *total pressure* pada *tank wall*

adalah 6848.524 [Pa] yang terjadi pada time step 17.61 detik, serta pada *long. bulkhead* adalah sebesar 3684.823 [Pa]. Berikut adalah visualisasi dari kondisi maksimum pada kondisi *filling level 50%* :



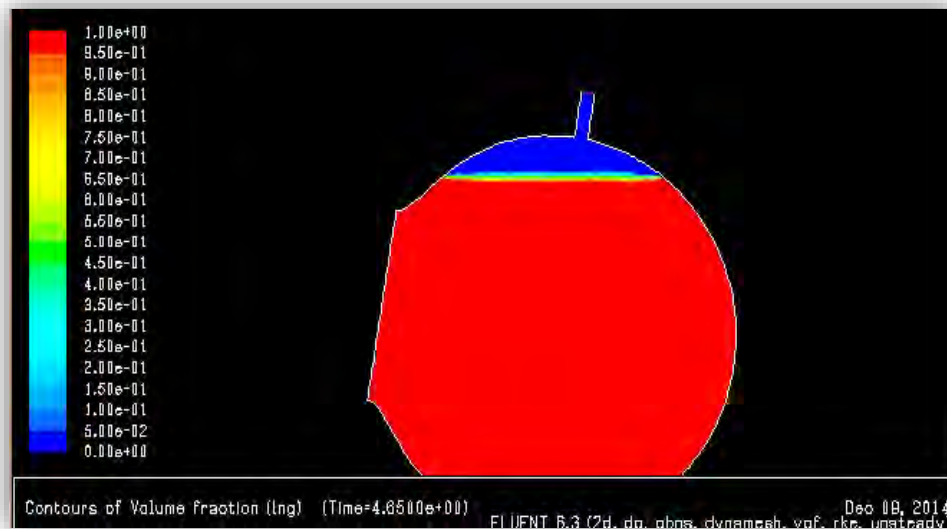
Gambar 4.26 Fenomena *Sloshing* pada *Filling Level 50%*.

4.1.9 Hasil perhitungan *Total Pressure* , *Filling Level 90%*



Gambar 4.27 Grafik *Total Pressure on Long. Bulkhead & Tank Wall* [Pa].

Total pressure merupakan hasil penjumlahan dari *static pressure* dan *long. bulkhead* pada *filling level* 90%, sehingga didapatkan nilai maksimum dari *total pressure* pada *tank wall* adalah 16253.65 [Pa] yang terjadi pada time step 4.65 detik serta pada *long. bulkhead* adalah sebesar 15599.4 [Pa]. Berikut adalah visualisai dari kondisi maksimum pada *filling level* ini :



Gambar 4.28 Fenomena *Sloshing* pada *Filling Level* 90%.

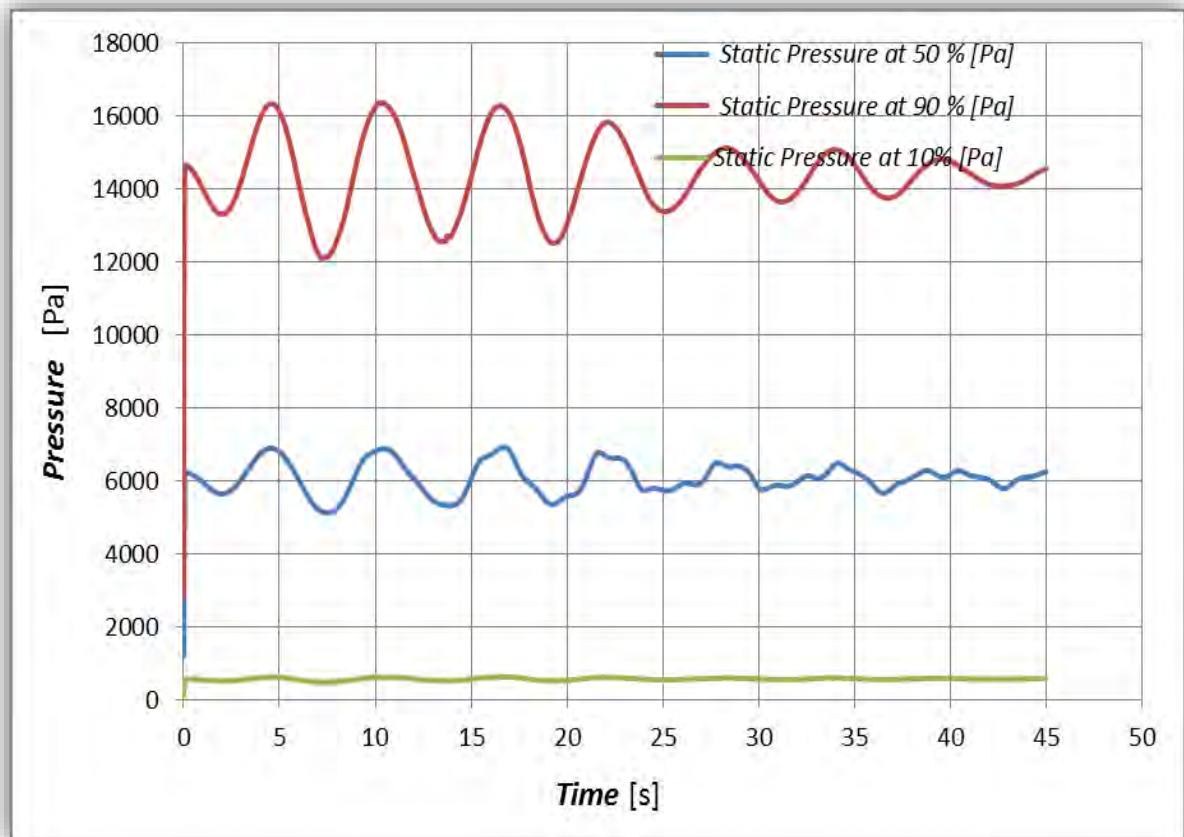
4.2 PEMBAHASAN

Setelah didapatkan hasil output *pressure* (*static*, *dynamic* dan *total pressure*) pada dinding tangki observasi untuk tiap-tiap variasi *filling level*, dapat disimpulkan bahwa hasil simulasi FLUENT pada tangki *bilobe* memiliki kesesuaian dengan hipotesis awal dengan *output pressure* pada dinding tangki observasi. Hasil obsevasi tersebut kemudian akan dibandingkan dan dibahas seperti pada berikut :

4.2.1 Perbandingan *Static Pressure*, *Filling Level* 10%, 50%, dan 90%

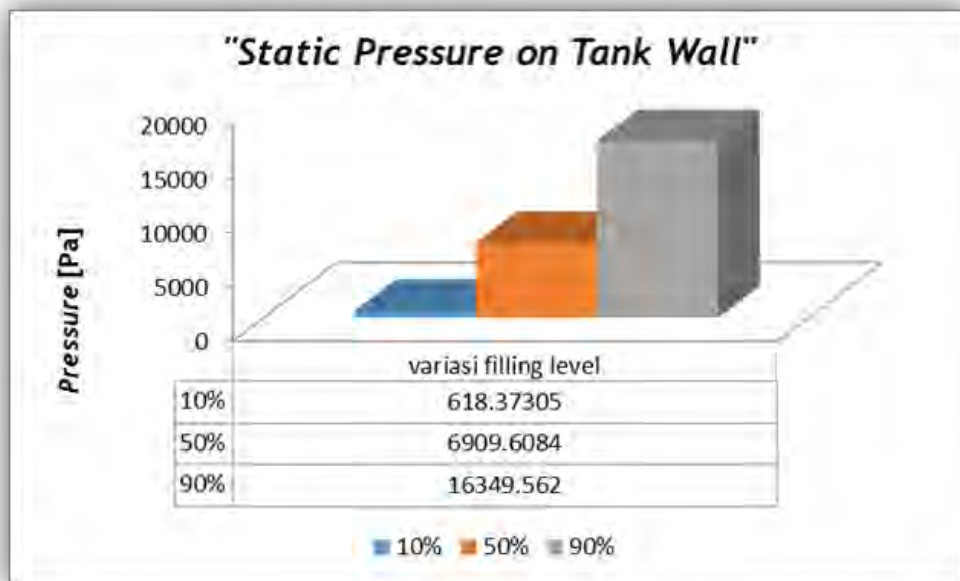
Static Pressure dalam simulasi FLUENT sangat dipengaruhi oleh ketinggian/*filling level* dari suatu cairan pada pemodelan tangki observasi. Sehingga, pada simulasi terbentuknya gelombang akibat eksitasi tangki nilai dari *static pressure* digambaran oleh kemiringan akhir pada suatu langkah ketika gelombang *sloshing* menghantam dinding tangki observasi. Selanjutnya, akan ditampilkan grafik yang menggambarkan perbandingan *static pressure* pada dinding tangki observasi pada pada ketiga variasi *filling level* :

4.2.1.1 Tank Wall



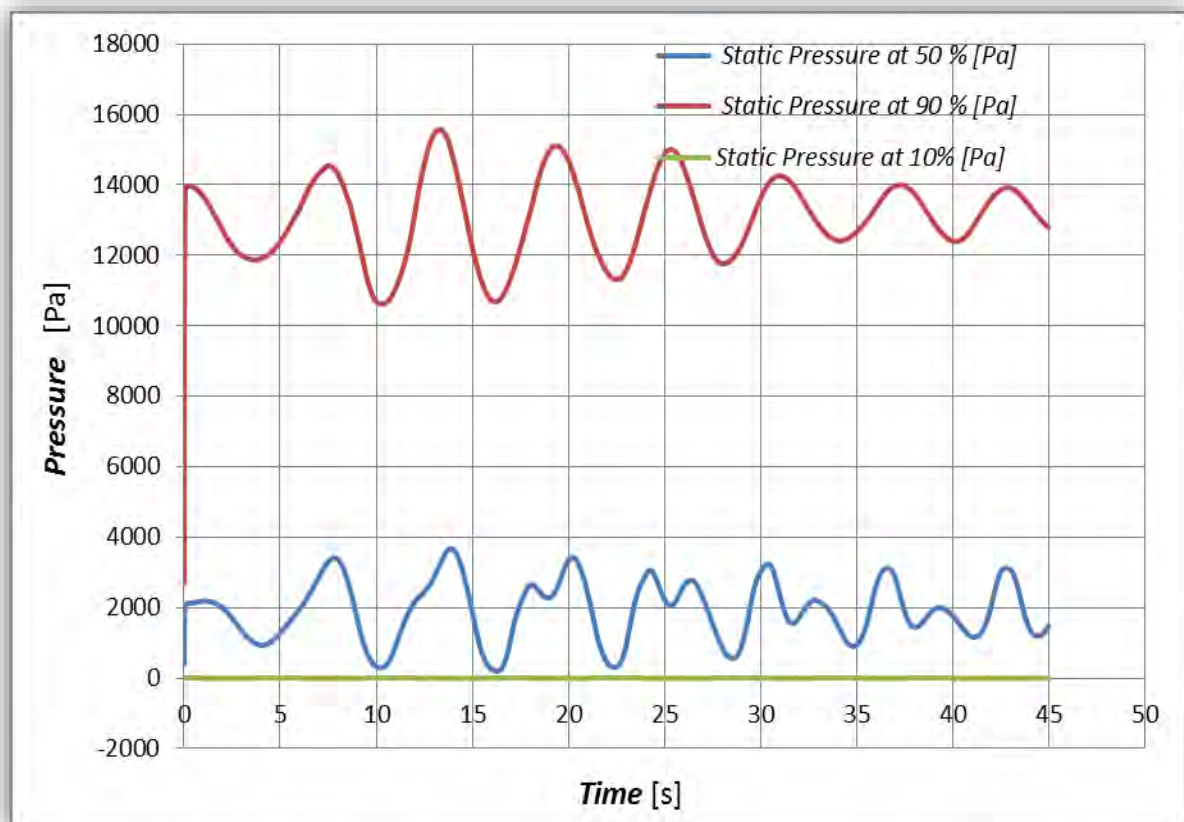
Gambar 4.29 Grafik Perbandingan *Static Pressure* pada *Tank Wall* [Pa].

Grafik perbandingan *static pressure* pada *tank wall* menunjukkan bahwa tekanan terbesar terjadi pada *tank wall* pada filling level 90% yaitu sebesar 16349.56 [Pa], hal ini sesuai dengan teori dari pendekatan terhadap nilai *static pressure* sangat dipengaruhi oleh ketinggian/*filling level* suatu cairan pada tangki observasi. Sedangkan pada *filling level* 50%, tekanan maksimum *tank wall* bernilai 6891.164 [Pa], serta pada *filling level* 10% memiliki nilai pressure maksimum pada 618.3731 [Pa]. Ketiga nilai rekaman data *pressure* pada *tank wall* untuk tiap-tiap variasi *filling level* memiliki kecenderungan yang identik dengan spektra respon sebagai eksitasi tangki yang berangsur-angsur menuju nilai konstan setelah mencapai nilai maksimumnya masing-masing. Berikut adalah diagram perbandingan *static pressure* pada dinding *tank wall* pada tiap-tiap variasi *filling level* :



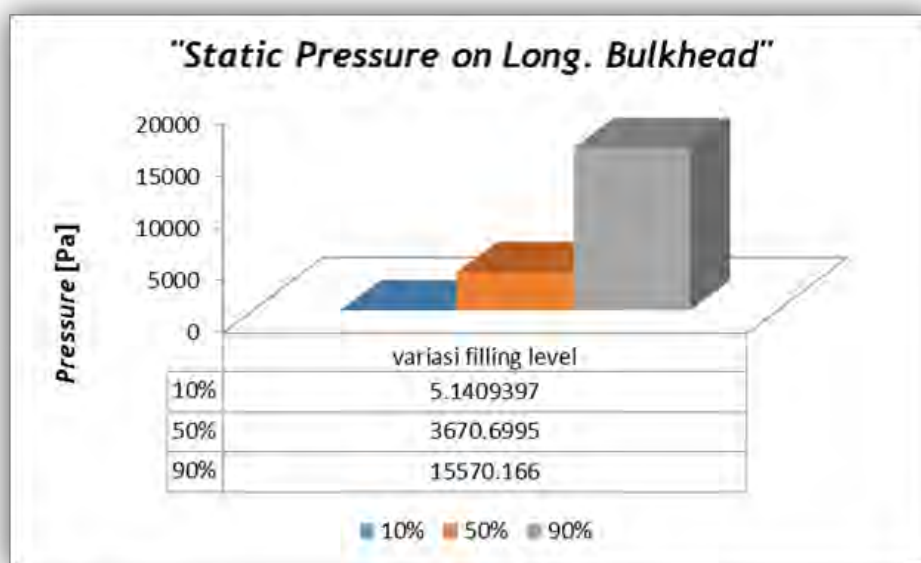
Gambar 4.30 Diagram Perbandingan *Static Pressure* pada *Tank Wall*.

4.2.1.2 Long. Bulkhead



Gambar 4.31 Grafik Perbandingan *Static Pressure* pada *Long. Bulkhead* [Pa].

Sedangkan untuk tipe *pressure* yang sama yaitu *static pressure*, namun kali ini dinding tangki yang diobservasi adalah *longitudinal bulkhead* memiliki nilai maksimum pada variasi *filling level* 90% yaitu sebesar 15570.17 [Pa]. Nilai maksimum dari *longitudinal bulkhead* lebih kecil daripada *pressure* maksimum pada tipe yang sama untuk *tank wall*, hal ini dikarenakan *longitudinal bulkhead* lebih rendah daripada tinggi cairan LNG, sehingga nilai *static pressure* tidak banyak dipengaruhi oleh efek *sloshing* yang terjadi pada permukaan cairan yang secara langsung berada pada dinding tangki jenis *tank wall*. Untuk tingkat *filling level* 50%, memiliki nilai maksimum sebesar 3643.889 [Pa]. Nilai tersebut juga lebih kecil dibandingkan *filling level* yang sama dengan *tank wall*, hal ini dikarenakan oleh pendekatan *pressure* pada dinding tangki *longitudinal bulkhead* tidak sebesar *tank wall*, *tank wall* menanggung beban *static* secara menyeluruh pada *filling level* tersebut, sedangkan pada *longitudinal bulkhead* hanya menanggung separuh dari tinggi dinding tersebut. Pada *filling level* 10%, dinding tangki *longitudinal bulkhead* memiliki nilai *static pressure* maksimum sebesar 5.14094 [Pa]. Berikut adalah diagram perbandingan *static pressure* pada dinding *long. bulkhead* pada tiap-tiap variasi *filling level* :



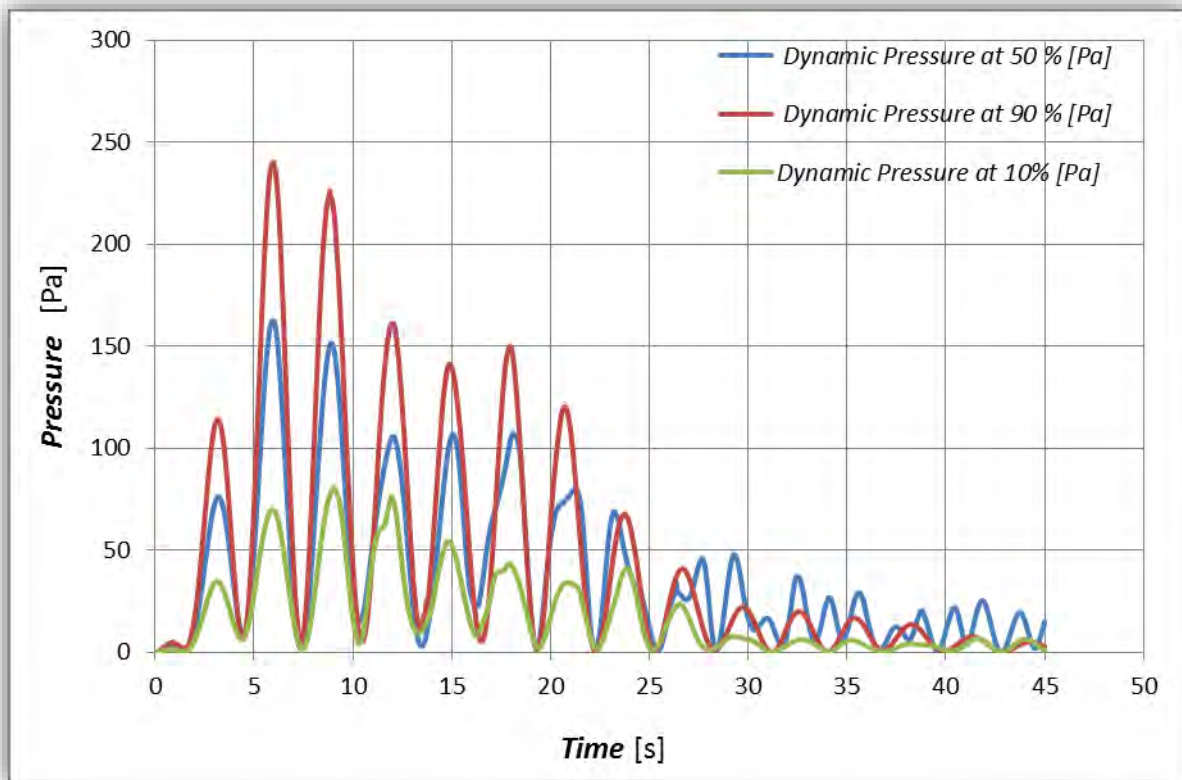
Gambar 4.32 Diagram Perbandingan *Static Pressure* pada *Long. Bulkhead*.

4.2.2 Perbandingan *Dynamic Pressure* , *Filling Level* 10%, 50%, dan 90%

Dynamic Pressure merupakan representasi dari beban *sloshing* pada tangki observasi, hal ini sesuai dengan fenomena *sloshing* itu sendiri yaitu adanya perpindahan dinamis suatu cairan akibat adanya permukaan bebas pada wadah cairan tersebut berada. Berikut merupakan hasil

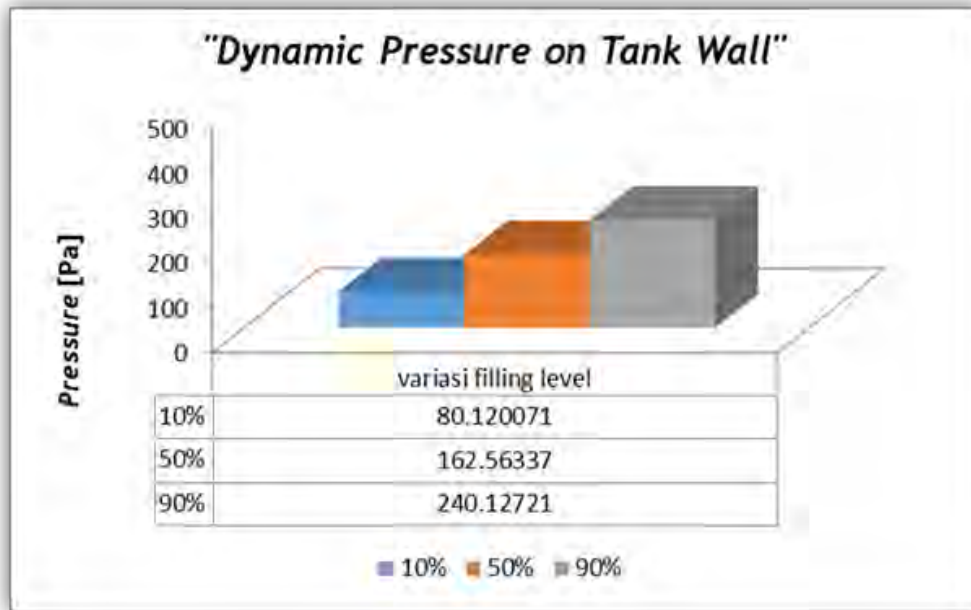
perbandingan nilai *dynamic pressure* pada dinding tangki observasi pada ketiga *variasi filling level* :

4.2.2.1 Tank Wall



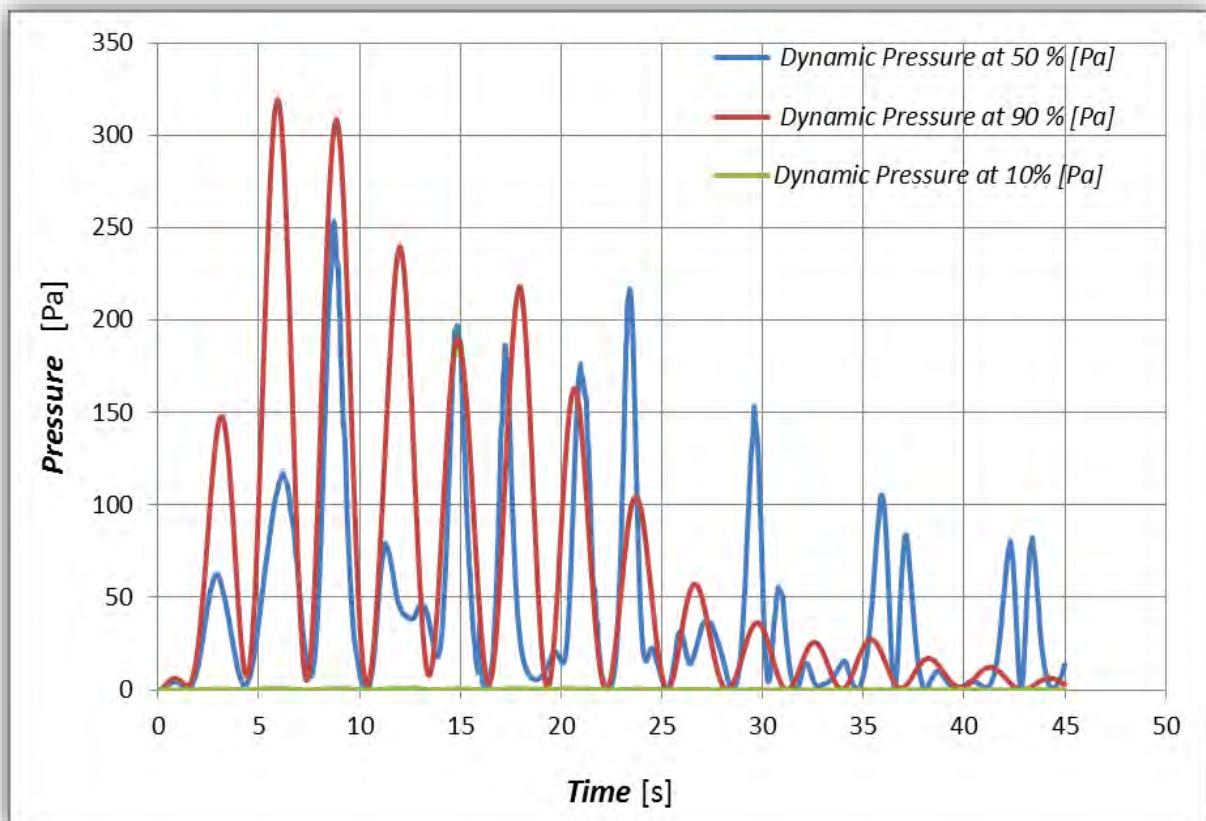
Gambar 4.33 Grafik Perbandingan *Dynamic Pressure* pada *Tank Wall* [Pa].

Grafik perbandingan *dynamic pressure* pada *tank wall* menunjukkan bahwa tekanan terbesar terjadi pada *tank wall* pada *filling level* 90% yaitu sebesar 240.1272 [Pa], hal ini sesuai dengan visualisasi pada simulasi FLUENT bahwa nilai *dynamic pressure* pada *tank wall* pada *filling level* tersebut terjadi efek *sloshing* langsung pada permukaan dinding *tank wall* dibandingkan *filling level* yang lain. Sedangkan pada *filling level* 50%, tekanan maksimum *tank wall* bernilai 162.1433 [Pa] serta pada *filling level* 10% memiliki nilai *pressure* maksimum pada 80.12007 [Pa]. Ketiga nilai rekaman data *pressure* pada *tank wall* untuk tiap-tiap variasi *filling level* memiliki kecenderungan yang identik dengan spektra respon sebagai eksitasi tangki yang berangsur-angsur menuju nilai konstan setelah mencapai nilai maksimumnya masing-masing. Berikut adalah diagram perbandingan *dynamic pressure* pada dinding *tank wall* pada tiap-tiap variasi *filling level* :



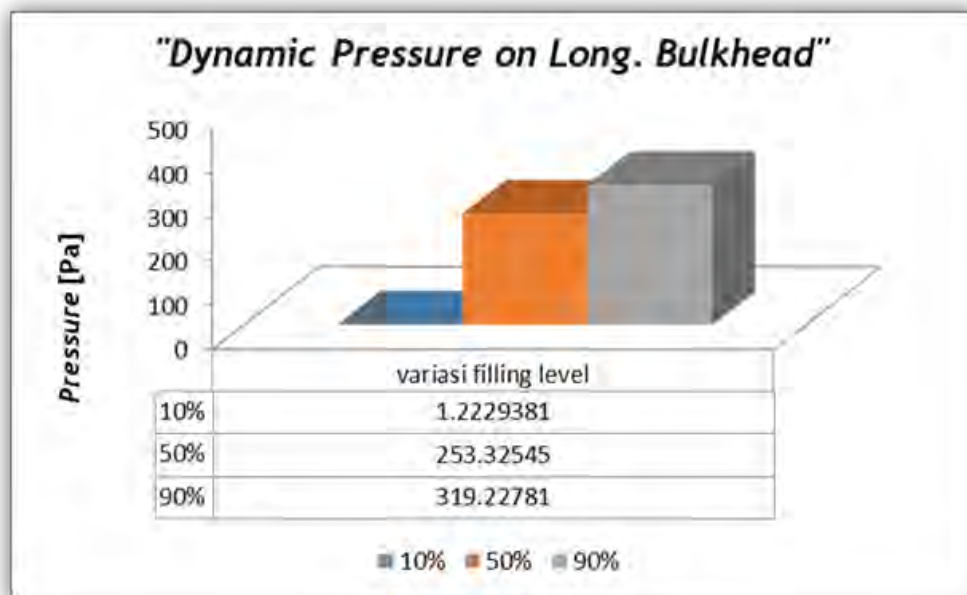
Gambar 4.34 Diagram Perbandingan *Dynamic Pressure* pada *Tank Wall*.

4.2.2.2 Long Bulkhead



Gambar 4.35 Grafik Perbandingan *Dynamic Pressure* pada *Longitudial Bulkhead* [Pa].

Nilai *dynamic pressure* pada *longitudinal bulkhead* pada *filling level* 10% memiliki nilai yang sangat kecil yaitu sebesar 1.222938 [Pa], hal ini dikarenakan oleh permukaan cairan LNG yang tidak menyentuh bagian dinding *longitudinal bulkhead* sehingga nilainya tidak terlalu signifikan. Nilai maksimum terjadi pada *filling level* 90% yaitu sebesar 319.2278 [Pa]. Namun pada aplikasi di lapangan, efek *sloshing* terhadap beban dinamis paling besar terjadi pada tingkat *filling level* 50% dikarenakan oleh pemodelan *sloshing* pada tugas akhir ini hanya pada separuh dari geometri tangki dengan *dynamic pressure* maksimum sebesar 253.8503 [Pa], sehingga pada kenyataannya nilai ini seharusnya dikalikan dengan faktor 2 jika pemodelan dilakukan secara penuh terhadap geometri tangki. Berikut adalah diagram perbandingan *dynamic pressure* pada dinding *long. bulkhead* pada tiap-tiap variasi *filling level* :

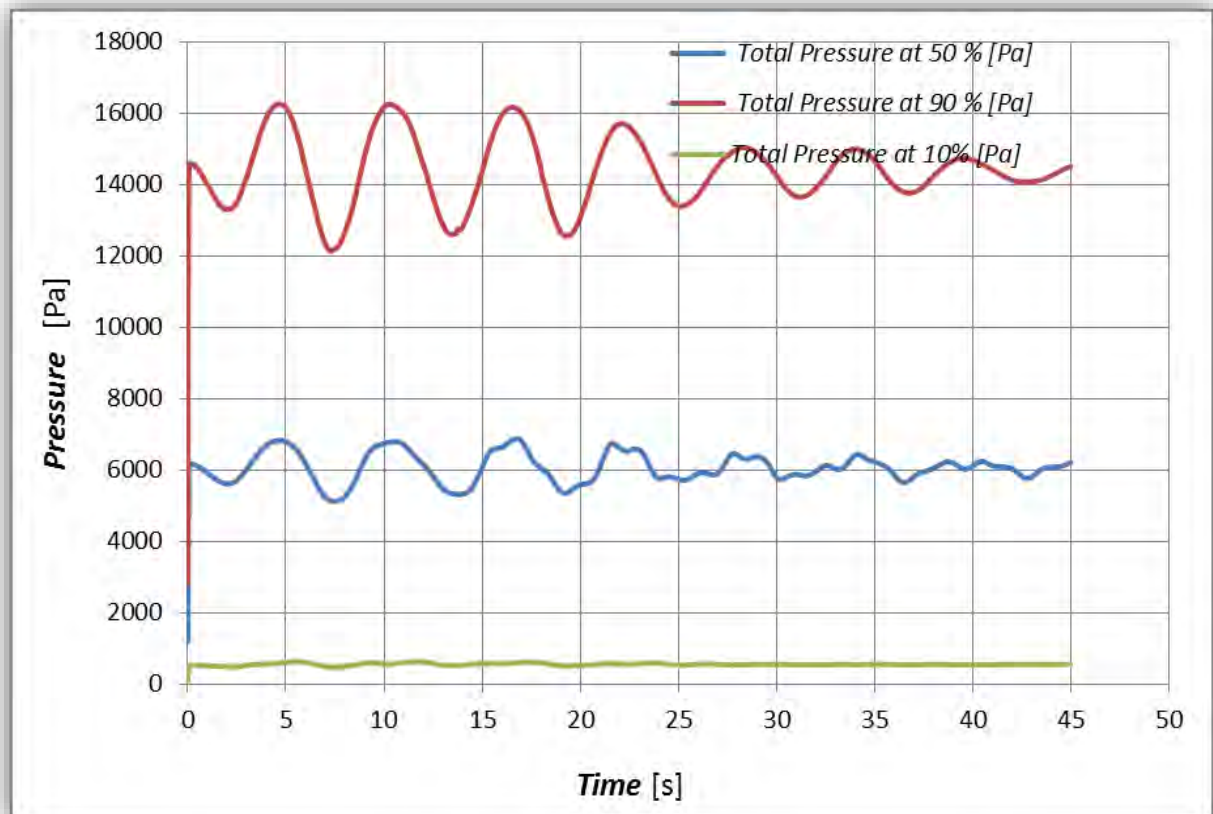


Gambar 4.36 Diagram Perbandingan *Dynamic Pressure* pada *Longitudinal Bulkhead*.

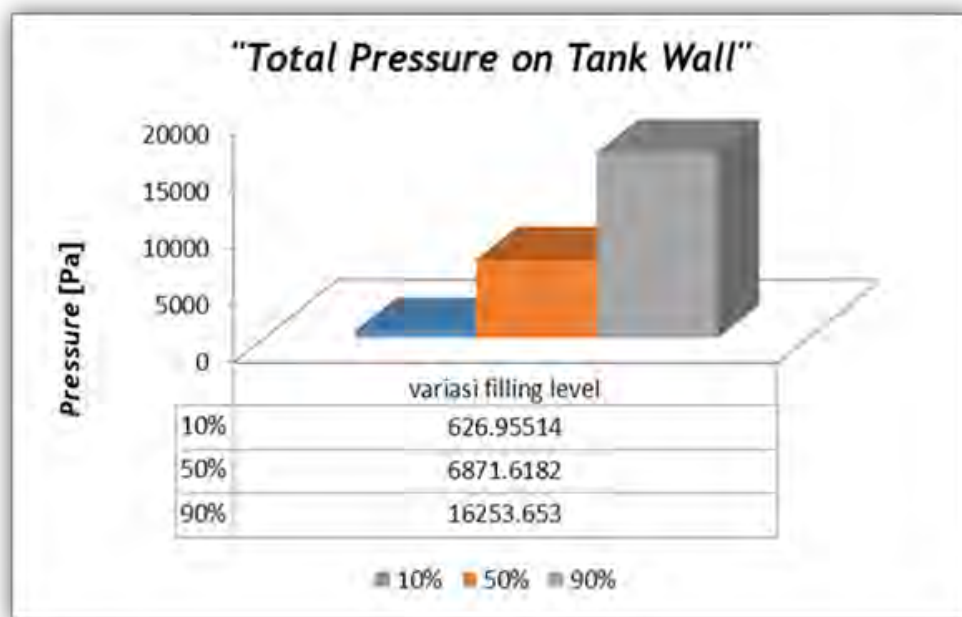
4.2.3 Perbandingan *Total Pressure* , *Filling Level* 10%, 50%, dan 90%

Total Pressure merupakan hasil penjumlahan antara *static pressure* dan *dynamic pressure*, nilai dari *total pressure* lebih didominasi oleh *static pressure*, hal ini dikarenakan nilai *static pressure* yang lebih signifikan dibandingkan dengan nilai dari *dynamic pressure*. Berikut adalah pembahasan untuk hasil perhitungan *total pressure* :

4.2.3.1 Tank Wall



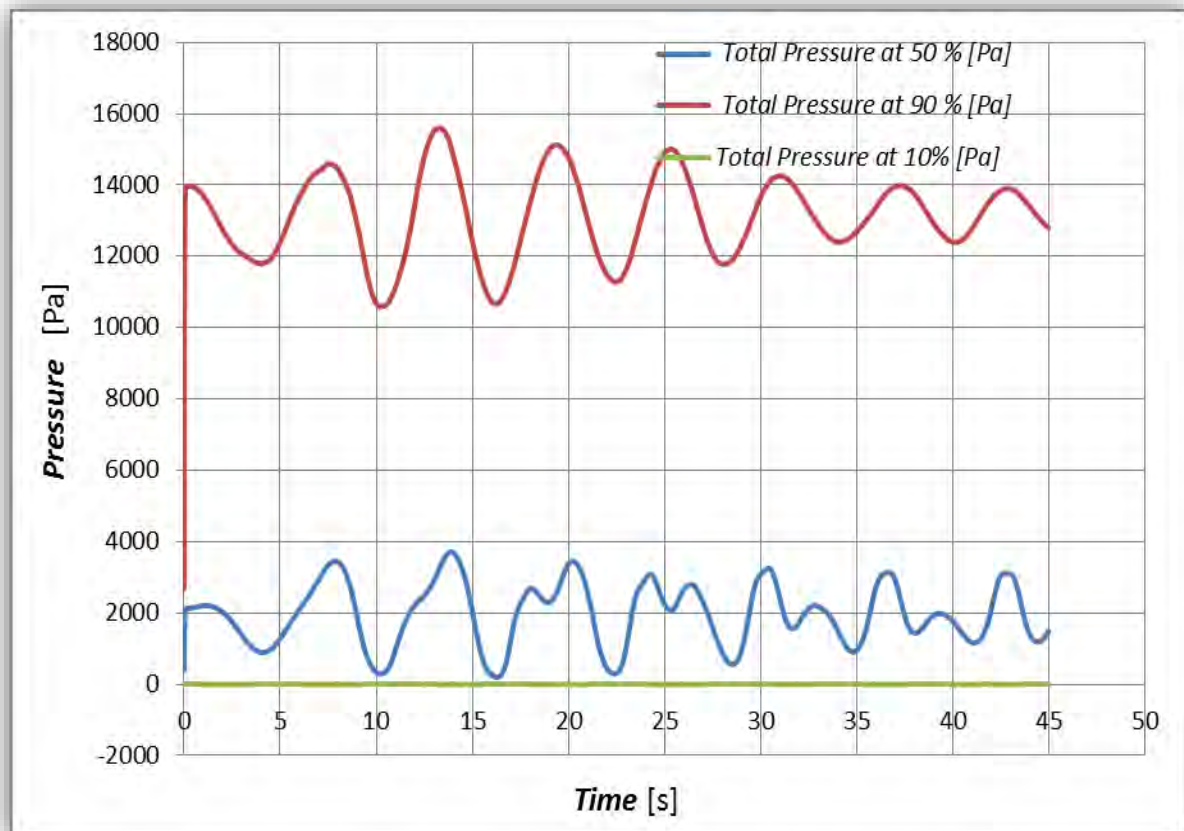
Gambar 4.37 Grafik Perbandingan *Total Pressure* pada *Tank Wall* [Pa].



Gambar 4.38 Diagram Perbandingan *Total Pressure* pada *Tank Wall*.

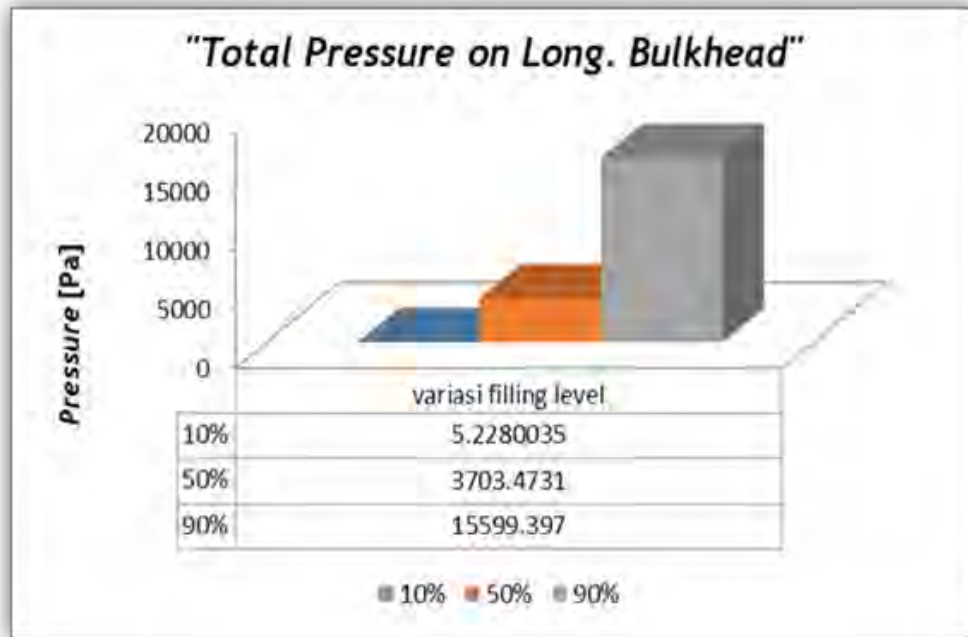
Nilai *total pressure* pada kondisi batas *tank wall* memiliki nilai maksimum pada *filling level* 90% yaitu sebesar 16253.65 [Pa], nilai ini sangat dipengaruhi oleh nilai *static pressure* pada dinding dan *filling level* yang sama. Dengan analisis yang sama, maka nilai *pressure* maksimum pada *filling level* 50% dan 10% juga dipengaruhi oleh *static pressure* yaitu masing-masing sebesar 6848.524 [Pa] dan 626.9551 [Pa].

4.2.3.2 Long. Bulkhead



Gambar 4.39 Grafik Perbandingan *Total Pressure* pada *Longitudinal Bulkhead* [Pa].

Nilai *total pressure* pada dinding tangki *longitudinal bulkhead* juga dipengaruhi oleh nilai *static pressure*-nya masing-masing. Nilai maksimum yang terjadi adalah pada tingkat *filling level* 90% yaitu sebesar 15599.4 [Pa]. Sedangkan untuk *filling level* 10% memiliki nilai yang tidak terlalu signifikan, hal tersebut dikarenakan oleh tinggi permukaan cairan LNG yang dibawah dinding *longitudinal bulkhead*. Pada variasi *filling level* 50% memiliki nilai maksimum sebesar 3684.82 [Pa]. Berikut adalah diagram perbandingan *total pressure* pada dinding *long. bulkhead* pada tiap-tiap variasi *filling level* :



Gambar 4.40 Diagram Perbandingan *Total Pressure* pada *Long. Bulkhead*.

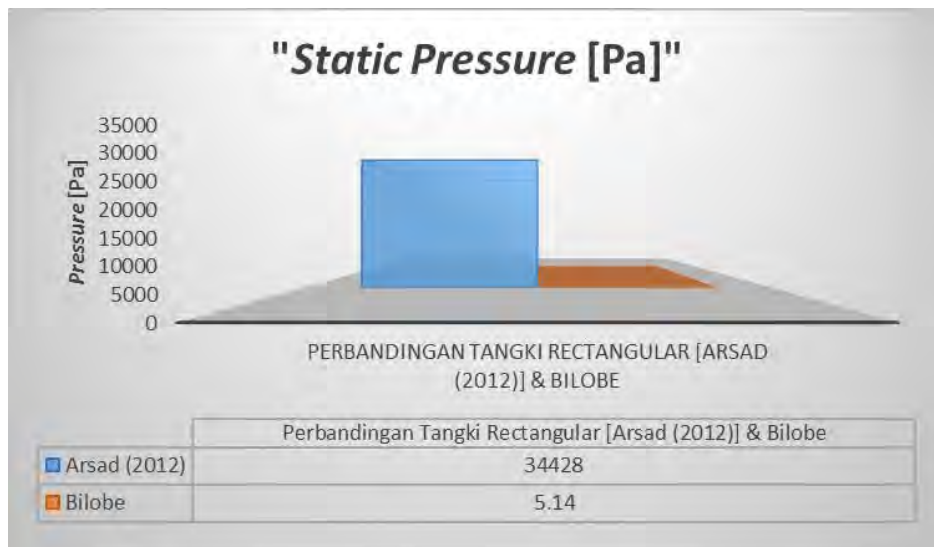
4.3 Verifikasi Data

Tahap verifikasi data dilakukan untuk mengetahui perbandingan hasil output analisis *sloshing* pada tugas akhir ini dengan tugas akhir dan jurnal yang telah dipublikasikan. Adapun tahap analisis perbandingan dilakukan dengan membandingkan kecenderungan atau tren dari nilai maksimum *pressure* terhadap tugas akhir Arsad (2012) analisis *sloshing* secara melintang pada tangki *rectangular* untuk mode gerakan *rolling* dan terhadap simulasi berdasarkan tutorial FLUENT dengan tangki yang sama dengan tangki observasi.

4.3.1 Verifikasi terhadap Tugas Akhir

Verifikasi ini dilakukan terhadap laporan tugas akhir yang ditulis oleh Arsad (2012). Pada tugas akhir tersebut, Arsad (2012) melakukan analisis *sloshing* pada tangki *rectangular* dengan dimensi utama yaitu lebar = 46.92 [m] dan tinggi = 32.23 [m] untuk mode gerakan *rolling* pada kondisi eksitasi tangki pada kondisi gelombang reguler. Analisis *sloshing* tersebut dilakukan dengan menganalisis nilai *static pressure* untuk variasi *filling level* 15%, 45%, dan 75% untuk kondisi tangki tanpa dan dengan *baffle* (pelat memanjang). Sehingga, verifikasi data untuk tugas akhir ini dilakukan pada hasil output *static pressure* pada untuk tiap – tiap kondisi *filling level* dengan kondisi *non – baffle* terhadap output *static pressure* tangki observasi dengan kondisi *filling level* yang realtif sama yaitu 10%, 50% dan 90%.

4.3.1.1 Kondisi Filling Level 15% [Arsad (2012)] dengan 10% [Bilobe]



Gambar 4.41 Diagram Perbandingan *Left Wall* dengan *Long. Bulkhead* [Pa].



Gambar 4.42 Diagram Perbandingan *Right Wall* dengan *Tank Wall* [Pa].

Tahap verifikasi data pertama – tama adalah melakukan perbandingan nilai *static pressure* maksimum pada kondisi *filling level* 15% dengan 10% untuk masing – masing kondisi batas pada kedua tipe tangki. Untuk perbandingan dinding tangki yang terletak di sisi kiri, yaitu *Left Wall* (Arsad, 2012) dan *Long. Bulkhead* (Bilobe) memiliki perbandingan masing – masing adalah sebesar 34428 [Pa] dan 5.14 [Pa]. Sedangkan untuk jenis kondisi batas yang terletak di sisi kanan adalah *Right Wall* (Arsad, 2012) dan *Tank Wall* (Bilobe) yaitu masing – masing sebesar 34623 [Pa] dan 618.373 [Pa].

4.3.1.2 Kondisi Filling Level 45% [Arsad (2012)] dengan 50% [Bilobe]



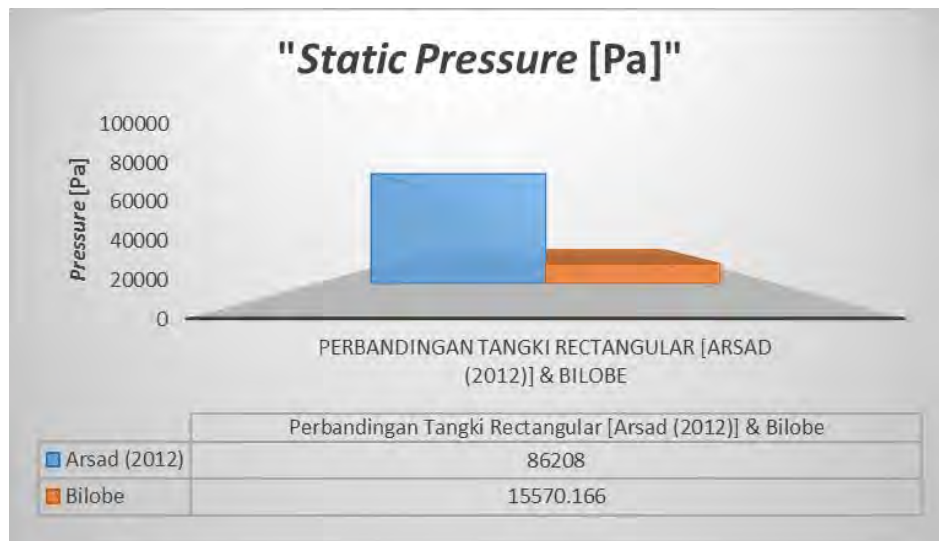
Gambar 4.43 Diagram Perbandingan *Left Wall* dengan *Long. Bulkhead* [Pa].



Gambar 4.44 Diagram Perbandingan *Right Wall* dengan *Tank Wall* [Pa].

Langkah selanjutnya adalah melakukan perbandingan nilai *static pressure* maksimum pada kondisi *filling level* 45% dengan 50% untuk masing – masing tipe tangki pada tugas akhir Arsad (2012) maupun tangki *Bilobe*. Untuk perbandingan dinding tangki yang terletak di sisi kiri, yaitu *Left Wall* (Arsad, 2012) dan *Long. Bulkhead* (*Bilobe*) memiliki perbandingan masing – masing adalah sebesar 65148 [Pa] dan 3643.887 [Pa]. Sedangkan untuk jenis kondisi batas yang terletak di sisi kanan adalah *Right Wall* (Arsad, 2012) dan *Tank Wall* (*Bilobe*) yaitu masing – masing sebesar 66094 [Pa] dan 6891.163 [Pa].

4.3.1.3 Kondisi Filling Level 75% [Arsad (2012)] dengan 90% [Bilobe]



Gambar 4.45 Diagram Perbandingan *Left Wall* dengan *Long. Bulkhead* [Pa].



Gambar 4.46 Diagram Perbandingan *Right Wall* dengan *Tank Wall* [Pa].

Langkah terakhir pada tahap verifikasi data untuk tipe *static pressure* adalah melakukan perbandingan *pressure* maksimum pada kondisi *filling level* 75% dengan 90% untuk masing – masing tipe tangki pada tugas akhir Arsad (2012) maupun tangki *Bilobe*. Untuk perbandingan dinding tangki yang terletak di sisi kiri, yaitu *Left Wall* (Arsad, 2012) dan *Long. Bulkhead* (*Bilobe*) memiliki perbandingan masing – masing adalah sebesar 86208 [Pa] dan 15570.166 [Pa]. Sedangkan untuk jenis kondisi batas yang terletak di sisi kanan adalah *Right Wall* (Arsad, 2012) dan *Tank Wall* (*Bilobe*) yaitu masing – masing sebesar 87789 [Pa] dan 16349.562 [Pa].

Berikut adalah gambaran prosentase kenaikan *static pressure* untuk tiap – tiap kondisi batas dalam fungsi kenaikan kondisi *filling level* – nya :

Tabel 4.1 Prosentase Kenaikan *Pressure* pada Tangki *Rectangular*

| Prosentase Kenaikan <i>Pressure</i> (Arsad, 2012) | | |
|--|------------------|-------------------|
| Kenaikan <i>Filling Level</i> | <i>Left Wall</i> | <i>Right Wall</i> |
| 15% - 45% | 47.2% | 47.6% |
| 45% - 75% | 24.4% | 24.7% |

Tabel 4.2 Prosentase Kenaikan *Pressure* pada Tangki *Bilobe*

| Prosentase Kenaikan <i>Pressure</i> <i>Bilobe Tank</i> | | |
|---|-----------------------|-------------------|
| Kenaikan <i>Filling Level</i> | <i>Long. Bulkhead</i> | <i>Right Wall</i> |
| 10% - 50% | 99.9% | 91.0% |
| 50% - 90% | 76.6% | 57.9% |

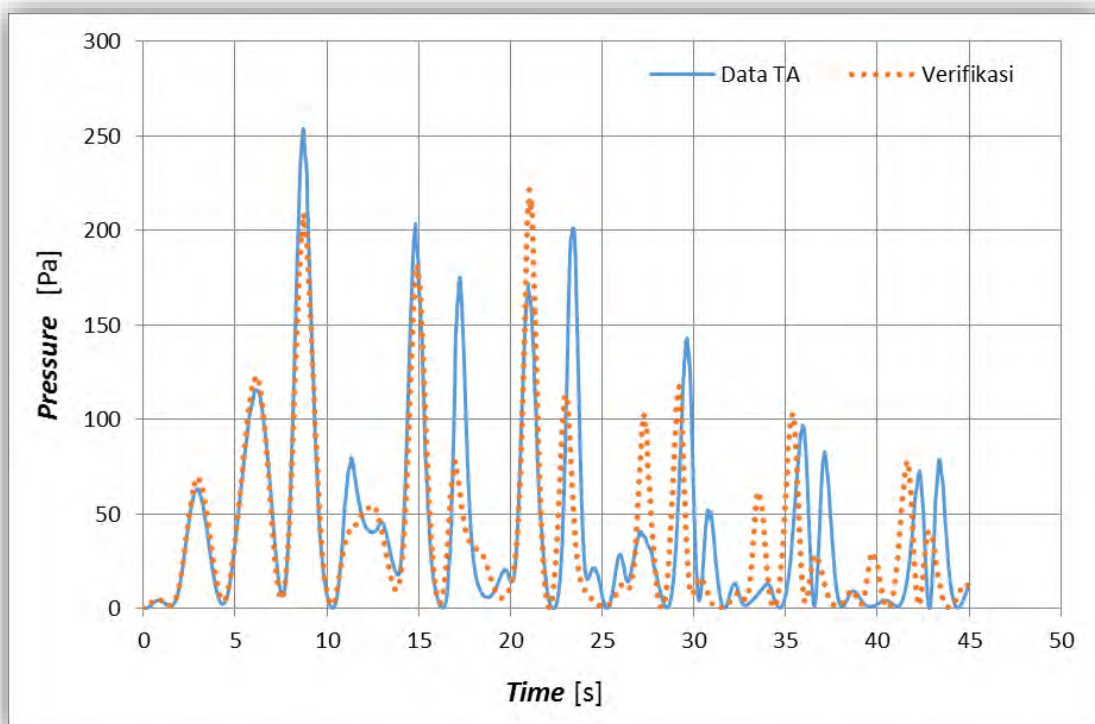
Pada tipe data output berupa *static pressure*, tahap verifikasi data dilakukan dengan melakukan perbandingan terhadap ketiga kondisi *filling level* yaitu 15% dengan 10%, 45% dengan 50%, serta 75% dengan 90% pada tugas akhir Arsad (2012) dengan tangki observasi jenis *bilobe*, dapat diambil kesimpulan bahwa nilai dari ketiga kondisi perbandingan *filling level* memiliki kecenderungan yang sama, yaitu semakin besar / tinggi kondisi *filling level* maka menghasilkan nilai *static pressure* yang semakin besar pula. Hal ini sesuai dengan pendekatan numerik terhadap nilai *static pressure* yang menggunakan persamaan Bernoulli, yaitu $p = \rho \cdot g \cdot h$ dimana nilai *pressure* berbanding lurus dengan ketinggian / *filling level* tangki (Godderidge, 2006). Adapun tingkat perbedaan nilai *static pressure* maksimum pada tiap – tiap kondisi perbandingan dipengaruhi oleh beberapa parameter, antara lain :

- Dimensi / ukuran utama tangki.
- Bentuk geometri tangki.
- Input gerakan eksitasi tangki *sloshing*.
- Ketinggian fluida (*Filling Level*).

4.3.2 Verifikasi terhadap Simulasi FLUENT

Verifikasi ini dilakukan terhadap tahapan langkah – langkah simulasi *wave generation* berdasarkan tutorial FLUENT Inc.. Pada tutorial tersebut diuraikan tahapan *set – up* pada analisis dengan metode *Volume of Fluid* untuk tangki *rectangular* pada permasalahan *lateral sloshing* dengan gelombang reguler. Pada tahap verifikasi ini tangki yang digunakan adalah tangki *rectangular* dengan dimensi yang mengikuti *outline* dari ukuran tangki bilobe yaitu lebar = 6.65 m dan tinggi = 6.9 m dengan kondisi gerak eksitasi yang sesuai pada tugas akhir ini yaitu *sway*, *heave* dan *roll*. Tahap ini dilakukan dengan membandingkan nilai *dynamic pressure* pada kondisi batas tangki yaitu *Long. Bulkhead* (Data TA) dengan *Left Wall* (Verifikasi) dengan kondisi *filling level* 50% dari ketinggian tangki.

4.3.2.1 Long. Bulkhead



Gambar 4.47 Grafik Perbandingan *Dynamic Pressure* pada Tiap Kondisi Batas [Pa].

Hasil tahap verifikasi data seperti yang terlihat pada Gambar 4.47 diatas, dimana nilai *dynamic pressure* pada kedua kondisi batas tangki yang setipe memiliki kecenderungan yang sama yaitu berangsur – angsur menurun setelah mencapai nilai *pressure* maksimumnya. Kenaikan kembali dari nilai *dynamic pressure* untuk tangki verifikasi pada waktu simulasi pada

detik ke – 21 lebih cenderung dikarenakan karena bentuk geometri tangki verifikasi yaitu *rectangular tank* sehingga dapat mengakibatkan efek *sloshing* yang lebih kompleks daripada bentuk geometri *bilobe tank*. Nilai *pressure* maksimum pada kondisi batas jenis *Long. Bulkhead* [Data TA] memiliki nilai sebesar 253.850 [Pa]. Sedangkan pada *Left Wall*, nilai *pressure* maksimumnya adalah sebesar 221.572 [Pa]. Perbedaan nilai tersebut memiliki nilai prosentase perbedaan sebesar 13%. Adapun perbedaan nilai tersebut dipengaruhi oleh perbedaan bentuk geometri serta dimensi ukuran utama tangki.

Halaman ini sengaja dikosongkan.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil simulasi pada tangki jenis *bilobe* dengan berbagai variasi dan pembahasan pada sub-bab sebelumnya, maka dapat disimpulkan bahwa :

- ❖ Pengaruh efek *sloshing* yang terjadi pada tangki observasi merupakan kombinasi dari nilai input spektra respons *sway*, *heave*, dan *roll*. Kombinasi ketiga gerakan tersebut memiliki nilai respons maksimum pada rentang frekuensi antara 0.8 - 1.2 [rad/s] yang memiliki nilai spektra respons maksimum masing – masing sebesar 0.763 [m²(rad/s)] untuk *sway*, 1.005 [m²(rad/s)] untuk gerakan *heave*, serta 20.197 [deg²(rad/s)] untuk mode gerakan *roll*.
- ❖ Efek beban *sloshing* (digambarkan oleh nilai *dynamic pressure*) memiliki peningkatan yang signifikan pada dinding *long. bulkhead* pada kondisi *filling level* 50% yaitu sebesar 253.8503 [Pa]. Nilai tersebut memiliki pengaruh sebesar 6.89% dari *total pressure* pada dinding & kondisi *filling level* yang sama yaitu 3684.823 [Pa]. Sedangkan pada kondisi *filling level* 90%, efek beban *sloshing* pada *long. bulkhead* memiliki prosentase pengaruh sebesar 1.95%, yaitu 319.2278 [Pa] dari nilai *total pressure* yang bernilai 16349.56 [Pa].
- ❖ Pengaruh variasi *filling level* terhadap beban *sloshing* untuk kondisi 10%, 50% dan 90% pada dinding tangki *tank wall* adalah 80.12007 [Pa], 162.1433 [Pa], dan 240.1272 [Pa]. Sedangkan pada dinding tangki *long. bulkhead* untuk urutan variasi *filling level* yang sama yaitu 1.222938 [Pa], 253.8503 [Pa], dan 319.2278 [Pa]. Data diatas menunjukkan bahwa variasi *filling level* memiliki pengaruh terhadap peningkatan efek beban *sloshing* pada jenis dinding tangki *long. bulkhead*. Hal ini sesuai dengan tujuan dari perencanaan sekat memanjang pada tangki yaitu untuk mengurangi besarnya efek *sloshing* pada dinding utama (*tank wall*) pada tangki *bilobe* akibat besarnya permukaan bebas tangki.

5.2 Saran

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan terhadap hasil simulasi dan kesimpulan yang dihasilkan, maka saran yang terkait dengan permasalahan yang diangkat pada tugas akhir ini antara lain :

- ❖ Perlunya dilakukan pemodelan numerik dengan ukuran *mesh* yang bervariasi, utamanya pada daerah pada dinding tangki yang diperkirakan terjadi efek *sloshing*.
- ❖ Adanya studi tentang bentuk geometri *mesh* yang dipakai pada tangki dengan geometri yang kompleks (*cylindrical*).
- ❖ Adanya analisa terhadap *deep sloshing* pada level ketinggian cairan tertentu.
- ❖ Dilakukannya analisa yang membandingkan hasil simulasi FLUENT dengan *software* lain maupun dengan melakukan proses validasi terhadap permasalahan yang sama pada pengujian di laboratorium.
- ❖ Analisa terhadap efek beban *sloshing* pada tangki observasi dengan pemodelan numerik 2D terhadap penampang melintang tangki secara penuh (*full model*).
- ❖ Analisis pengaruh tiap-tiap gerakan secara terpisah (*segregated*) terhadap pengaruh *sloshing*.

DAFTAR PUSTAKA

- Anwar, M. S. (2013). *Simulasi Sloshing Pada Dinding Tangki Tipe Membran Kapal LNG Akibat Gerakan Heaving dan Pitching di Gelombang Regular*. Tugas Akhir, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Jurusan Teknik Perkapalan, Surabaya.
- Arsad, A. K. (2012). *Studi Gerakan Sloshing Terhadap Tangki Kotak (Rectangular Tank) Dengan dan Tanpa Pelat Memanjang (Baffle) Akibat Gerakan Rolling Kapal Dengan Metode Computational Fluid Dynamics (CFD)*. Tugas Akhir, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Jurusan Teknik Perkapalan, Surabaya.
- Delpizzo, R. (2014, July). Gas Carriers : Arrangements & Characteristics. *Presentation to Marine Chemist*. Las Vegas.
- Djarmiko, E. B. (2012). *Perilaku dan Operabilitas Bangunan Laut di Atas Gelombang Acak*. Surabaya: ITS Press.
- Fluent Inc. (2005, august 18). Simulation of Wave Generation In Tank. *Tutorial 10*. FLUENT Inc.
- Godderidge, B., Tab, M., Turnock, S., & Earl, C. (2006, August 31). *A Verification and Validation Study of the Application of Computational Fluid Dynamics to the Modelling of Lateral Sloshing*. University of Southampton. Southampton: Fluid Structure Interaction Research Group.
- Hasselmann, K. e. (1973). Measurements of Wind Wave Growth and Swell Decay During the Joint North Sea Project (JONSWAP). *Erganzungsheft zur Deutschen Hydrograph, Z., Reihe A*(12).
- Khezzar, L., & Seibi, A. (2009). Water Sloshing in Rectangular Tanks - An Experimental Investagion & Numerical Simulation. *International Journal of Engineering*, 3(2).
- Lloyd's Register Rulefinder. (2009, July). International Codes - IGC Code - International Code for the Construction and Equipment of Ships Carrying Liquefied Gases in Bulk. *IMO Publications and Documents*. Rulefinder Version 9.12.
- Myung, J. (2013, June 2013). Effect of Sloshing Loads on Fatigue Strength of Independent Type B LNG Tank. *International Journal of Offshore and Polar Engineers*, 23.
- Nichols, B. D., & Hirt, C. W. (1982). Volume of Fluid (VOF) Method for the Dynamics of Free Boundaries. *J Computer Phys* 39, 201-225.

- Perez, T., & Blanke, M. (2002). Simulation of Ship Motion in Seaway. *Technical Report EE02037*.
- Rameswar, B. (1978). *Dynamics Of Marine Vehicles*. New York: Wiley Publication.
- Romansyah, D. W. (2015). *Analisis Gerakan Kapal Tipe LNG Carriers Bersarat Rendah di Perairan Selat Makasar*. Tugas Akhir, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Jurusan Teknik Perkapalan, Surabaya.
- Senjanovic, I., Slapnicar, V., Mravak, Z., Rudan, S., & Ljustina, A. (2008). Structure Design of Cargo Tanks in Liquified Gas Carriers. *Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture, University of Zagreb, Croatia*.
- Soren, R. (2014). Optimal control of an array of non-linear wave energy point converters. *Ocean Engineering*.

| FILLING LEVEL 10% | | | | | | FILLING LEVEL 50% | | | | | | FILLING LEVEL 90% | | | | | |
|-------------------|--------|--------------|------|------------|--------|-------------------|---------|--------------|------|------------|---------|-------------------|----------|--------------|------|------------|----------|
| Static [Pa] | | Dynamic [Pa] | | Total [Pa] | | Static [Pa] | | Dynamic [Pa] | | Total [Pa] | | Static [Pa] | | Dynamic [Pa] | | Total [Pa] | |
| LB | TW | LB | TW | LB | TW | LB | TW | LB | TW | LB | TW | LB | TW | LB | TW | LB | TW |
| 0.32 | 108.11 | 0.00 | 0.00 | 0.32 | 100.93 | 405.53 | 1203.06 | 0.00 | 0.00 | 404.98 | 1190.52 | 2696.98 | 2835.30 | 0.00 | 0.00 | 2696.93 | 2828.21 |
| 0.58 | 195.12 | 0.00 | 0.00 | 0.58 | 182.19 | 735.26 | 2169.63 | 0.00 | 0.00 | 731.28 | 2147.05 | 4863.81 | 5113.27 | 0.00 | 0.00 | 4863.93 | 5100.41 |
| 0.78 | 265.55 | 0.00 | 0.00 | 0.78 | 247.94 | 1001.07 | 2952.88 | 0.00 | 0.00 | 994.94 | 2922.12 | 6619.75 | 6959.40 | 0.00 | 0.00 | 6619.96 | 6941.87 |
| 0.95 | 322.33 | 0.00 | 0.00 | 0.95 | 300.96 | 1215.64 | 3584.52 | 0.00 | 0.00 | 1207.64 | 3547.17 | 8035.95 | 8448.24 | 0.00 | 0.00 | 8036.25 | 8426.95 |
| 1.09 | 368.14 | 0.00 | 0.00 | 1.08 | 343.72 | 1388.61 | 4093.81 | 0.00 | 0.00 | 1379.13 | 4051.14 | 9177.86 | 9648.52 | 0.00 | 0.00 | 9178.22 | 9624.19 |
| 1.19 | 405.08 | 0.00 | 0.00 | 1.19 | 378.20 | 1528.10 | 4504.37 | 0.00 | 0.00 | 1517.44 | 4457.41 | 10098.51 | 10616.03 | 0.01 | 0.01 | 10098.92 | 10589.25 |
| 1.28 | 434.89 | 0.00 | 0.01 | 1.28 | 406.02 | 1640.59 | 4835.35 | 0.01 | 0.00 | 1629.00 | 4784.93 | 10840.81 | 11395.91 | 0.01 | 0.01 | 10841.27 | 11367.15 |
| 1.35 | 458.94 | 0.00 | 0.01 | 1.35 | 428.47 | 1731.32 | 5102.18 | 0.01 | 0.01 | 1718.98 | 5048.97 | 11439.32 | 12024.52 | 0.01 | 0.01 | 11439.81 | 11994.16 |
| 1.41 | 478.34 | 0.00 | 0.01 | 1.41 | 446.58 | 1804.51 | 5317.31 | 0.01 | 0.01 | 1791.57 | 5261.85 | 11921.96 | 12531.23 | 0.02 | 0.01 | 11922.48 | 12499.59 |
| 1.46 | 493.97 | 0.00 | 0.01 | 1.45 | 461.16 | 1863.58 | 5490.73 | 0.01 | 0.01 | 1850.16 | 5433.46 | 12311.19 | 12939.68 | 0.02 | 0.01 | 12311.73 | 12907.01 |
| 1.49 | 506.61 | 0.00 | 0.01 | 1.49 | 472.97 | 1911.28 | 5630.59 | 0.01 | 0.01 | 1897.48 | 5571.85 | 12625.13 | 13268.93 | 0.02 | 0.02 | 12625.69 | 13235.42 |
| 1.52 | 516.86 | 0.00 | 0.02 | 1.52 | 482.54 | 1949.79 | 5743.38 | 0.01 | 0.01 | 1935.68 | 5683.44 | 12878.37 | 13534.34 | 0.03 | 0.02 | 12878.96 | 13500.17 |
| 1.55 | 525.15 | 0.00 | 0.02 | 1.55 | 490.28 | 1980.91 | 5834.32 | 0.02 | 0.02 | 1966.57 | 5773.40 | 13082.70 | 13748.31 | 0.03 | 0.02 | 13083.30 | 13713.60 |
| 1.57 | 531.85 | 0.00 | 0.02 | 1.57 | 496.54 | 2006.08 | 5907.66 | 0.02 | 0.02 | 1991.54 | 5845.96 | 13247.59 | 13920.79 | 0.04 | 0.03 | 13248.21 | 13885.65 |
| 1.58 | 537.27 | 0.00 | 0.02 | 1.58 | 501.61 | 2026.44 | 5966.80 | 0.02 | 0.02 | 2011.75 | 5904.48 | 13380.70 | 14059.84 | 0.04 | 0.03 | 13381.32 | 14024.36 |
| 1.60 | 541.66 | 0.00 | 0.03 | 1.60 | 505.72 | 2042.92 | 6014.52 | 0.03 | 0.03 | 2028.12 | 5951.69 | 13488.16 | 14171.92 | 0.05 | 0.04 | 13488.80 | 14136.18 |
| 1.61 | 545.23 | 0.00 | 0.03 | 1.61 | 509.05 | 2056.23 | 6053.00 | 0.03 | 0.03 | 2041.34 | 5989.77 | 13574.97 | 14262.28 | 0.06 | 0.04 | 13575.62 | 14226.32 |
| 1.62 | 548.12 | 0.00 | 0.03 | 1.62 | 511.75 | 2067.09 | 6084.07 | 0.03 | 0.03 | 2052.14 | 6020.52 | 13645.14 | 14335.13 | 0.06 | 0.05 | 13645.80 | 14299.01 |
| 1.63 | 550.46 | 0.00 | 0.04 | 1.62 | 513.94 | 2075.92 | 6109.15 | 0.04 | 0.04 | 2060.93 | 6045.35 | 13701.88 | 14393.86 | 0.07 | 0.05 | 13702.56 | 14357.60 |
| 1.63 | 552.37 | 0.00 | 0.04 | 1.63 | 515.73 | 2083.09 | 6129.40 | 0.04 | 0.04 | 2068.06 | 6065.40 | 13747.81 | 14441.21 | 0.08 | 0.06 | 13748.50 | 14404.85 |
| 1.64 | 553.93 | 0.00 | 0.04 | 1.64 | 517.19 | 2088.96 | 6145.75 | 0.04 | 0.05 | 2073.92 | 6081.60 | 13784.98 | 14479.37 | 0.09 | 0.06 | 13785.68 | 14442.94 |
| 1.64 | 555.20 | 0.00 | 0.05 | 1.64 | 518.37 | 2093.76 | 6158.96 | 0.05 | 0.05 | 2078.71 | 6094.66 | 13815.14 | 14510.13 | 0.10 | 0.07 | 13815.84 | 14473.64 |
| 1.65 | 556.23 | 0.00 | 0.05 | 1.64 | 519.34 | 2097.70 | 6169.61 | 0.05 | 0.05 | 2082.64 | 6105.22 | 13839.57 | 14534.88 | 0.10 | 0.08 | 13840.29 | 14498.36 |
| 1.65 | 557.08 | 0.00 | 0.06 | 1.65 | 520.14 | 2100.94 | 6178.22 | 0.06 | 0.06 | 2085.89 | 6113.75 | 13859.49 | 14554.86 | 0.11 | 0.08 | 13860.23 | 14518.32 |
| 1.66 | 557.77 | 0.00 | 0.06 | 1.65 | 520.79 | 2103.61 | 6185.17 | 0.06 | 0.06 | 2088.57 | 6120.65 | 13875.72 | 14570.96 | 0.12 | 0.09 | 13876.47 | 14534.40 |
| 1.66 | 558.34 | 0.00 | 0.06 | 1.66 | 521.32 | 2105.82 | 6190.78 | 0.06 | 0.07 | 2090.79 | 6126.22 | 13888.93 | 14583.89 | 0.13 | 0.10 | 13889.69 | 14547.34 |
| 1.66 | 558.81 | 0.00 | 0.07 | 1.66 | 521.76 | 2107.67 | 6195.31 | 0.07 | 0.07 | 2092.66 | 6130.73 | 13899.78 | 14594.32 | 0.14 | 0.11 | 13900.56 | 14557.77 |
| 1.66 | 559.20 | 0.00 | 0.07 | 1.66 | 522.13 | 2109.21 | 6198.96 | 0.07 | 0.08 | 2094.22 | 6134.38 | 13908.65 | 14602.68 | 0.15 | 0.11 | 13909.46 | 14566.14 |
| 1.66 | 559.51 | 0.00 | 0.07 | 1.66 | 522.43 | 2110.52 | 6201.91 | 0.08 | 0.08 | 2095.54 | 6137.33 | 13915.96 | 14609.38 | 0.17 | 0.12 | 13916.78 | 14572.86 |
| 1.67 | 559.78 | 0.00 | 0.08 | 1.66 | 522.67 | 2111.61 | 6204.28 | 0.08 | 0.09 | 2096.65 | 6139.70 | 13921.99 | 14614.75 | 0.18 | 0.13 | 13922.83 | 14578.26 |
| 1.67 | 559.99 | 0.00 | 0.08 | 1.67 | 522.88 | 2112.56 | 6206.18 | 0.09 | 0.09 | 2097.62 | 6141.61 | 13927.01 | 14619.02 | 0.19 | 0.14 | 13927.88 | 14582.56 |
| 1.67 | 560.17 | 0.00 | 0.09 | 1.67 | 523.04 | 2113.35 | 6207.70 | 0.09 | 0.10 | 2098.44 | 6143.15 | 13931.18 | 14622.43 | 0.20 | 0.15 | 13932.06 | 14586.00 |
| 1.67 | 560.31 | 0.00 | 0.09 | 1.67 | 523.18 | 2114.03 | 6208.91 | 0.10 | 0.10 | 2099.15 | 6144.38 | 13934.67 | 14625.12 | 0.21 | 0.16 | 13935.58 | 14588.72 |
| 1.67 | 560.43 | 0.00 | 0.09 | 1.67 | 523.30 | 2114.63 | 6209.87 | 0.10 | 0.11 | 2099.77 | 6145.38 | 13937.59 | 14627.22 | 0.23 | 0.17 | 13938.52 | 14590.86 |
| 1.67 | 560.52 | 0.00 | 0.10 | 1.67 | 523.39 | 2115.14 | 6210.61 | 0.11 | 0.12 | 2100.31 | 6146.17 | 13940.08 | 14628.86 | 0.24 | 0.18 | 13941.05 | 14592.54 |
| 1.67 | 560.60 | 0.00 | 0.10 | 1.67 | 523.46 | 2115.59 | 6211.19 | 0.11 | 0.12 | 2100.79 | 6146.79 | 13942.22 | 14630.12 | 0.25 | 0.19 | 13943.21 | 14593.83 |
| 1.67 | 560.65 | 0.00 | 0.10 | 1.67 | 523.52 | 2115.99 | 6211.62 | 0.12 | 0.13 | 2101.21 | 6147.27 | 13944.05 | 14631.05 | 0.27 | 0.20 | 13945.07 | 14594.81 |
| 1.67 | 560.70 | 0.00 | 0.11 | 1.67 | 523.57 | 2116.33 | 6211.93 | 0.13 | 0.13 | 2101.58 | 6147.63 | 13945.64 | 14631.73 | 0.28 | 0.21 | 13946.69 | 14595.53 |
| 1.67 | 560.73 | 0.00 | 0.11 | 1.67 | 523.61 | 2116.64 | 6212.15 | 0.13 | 0.14 | 2101.91 | 6147.89 | 13947.04 | 14632.19 | 0.30 | 0.22 | 13948.11 | 14596.04 |
| 1.67 | 560.75 | 0.00 | 0.11 | 1.67 | 523.63 | 2116.91 | 6212.29 | 0.14 | 0.15 | 2102.20 | 6148.07 | 13948.25 | 14632.47 | 0.31 | 0.23 | 13949.36 | 14596.36 |
| 1.67 | 560.76 | 0.00 | 0.12 | 1.67 | 523.65 | 2117.14 | 6212.34 | 0.14 | 0.15 | 2102.46 | 6148.18 | 13949.31 | 14632.59 | 0.33 | 0.24 | 13950.45 | 14596.54 |
| 1.67 | 560.75 | 0.00 | 0.12 | 1.67 | 523.66 | 2117.35 | 6212.34 | 0.15 | 0.16 | 2102.70 | 6148.22 | 13950.27 | 14632.59 | 0.34 | 0.25 | 13951.45 | 14596.59 |
| 1.67 | 560.74 | 0.00 | 0.13 | 1.67 | 523.67 | 2117.54 | 6212.29 | 0.16 | 0.17 | 2102.91 | 6148.22 | 13951.13 | 14632.49 | 0.36 | 0.26 | 13952.34 | 14596.54 |
| 1.67 | 560.73 | 0.00 | 0.13 | 1.67 | 523.67 | 2117.71 | 6212.20 | 0.16 | 0.18 | 2103.10 | 6148.17 | 13951.90 | 14632.30 | 0.38 | 0.28 | 13953.15 | 14596.40 |
| 1.67 | 560.71 | 0.00 | 0.13 | 1.67 | 523.67 | 2117.85 | 6212.06 | 0.17 | 0.18 | 2103.28 | 6148.07 | 13952.61 | 14632.02 | 0.39 | 0.29 | 13953.89 | 14596.19 |
| 1.67 | 560.69 | 0.00 | 0.14 | 1.67 | 523.66 | 2117.98 | 6211.89 | 0.18 | 0.19 | 2103.43 | 6147.94 | 13953.25 | 14631.68 | 0.41 | 0.30 | 13954.57 | 14595.90 |
| 1.67 | 560.66 | 0.00 | 0.14 | 1.66 | 523.64 | 2118.10 | 6211.69 | 0.18 | 0.20 | 2103.56 | 6147.78 | 13953.83 | 14631.28 | 0.43 | 0.31 | 13955.19 | 14595.56 |
| 1.67 | 560.63 | 0.00 | 0.14 | 1.66 | 523.62 | 2118.21 | 6211.46 | 0.19 | 0.21 | 2103.70 | 6147.60 | 13954.37 | 14630.83 | 0.45 | 0.33 | 13955.77 | 14595.16 |
| 1.66 | 560.59 | 0.00 | 0.15 | 1.66 | 523.59 | 2118.30 | 6211.20 | 0.20 | 0.21 | 2103.81 | 6147.38 | 13954.87 | 14630.33 | 0.47 | 0.34 | 13956.30 | 14594.72 |
| 1.66 | 5 | | | | | | | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|--------|------|------|------|--------|---------|-----------|------|------|---------|---------|----------|----------|------|------|----------|----------|
| 1.63 | 559.18 | 0.00 | 0.25 | 1.63 | 522.64 | 2118.38 | 6200.64 | 0.40 | 0.44 | 2104.44 | 6137.98 | 13959.59 | 14609.74 | 1.00 | 0.72 | 13962.27 | 14575.98 |
| 1.63 | 559.12 | 0.00 | 0.26 | 1.63 | 522.61 | 2118.36 | 6200.09 | 0.41 | 0.45 | 2104.44 | 6137.49 | 13959.59 | 14608.64 | 1.03 | 0.74 | 13962.33 | 14574.97 |
| 1.63 | 559.06 | 0.00 | 0.26 | 1.63 | 522.58 | 2118.35 | 6199.54 | 0.42 | 0.46 | 2104.45 | 6137.00 | 13959.59 | 14607.52 | 1.06 | 0.75 | 13962.39 | 14573.94 |
| 1.63 | 559.00 | 0.00 | 0.27 | 1.63 | 522.55 | 2118.34 | 6198.99 | 0.43 | 0.47 | 2104.46 | 6136.51 | 13959.58 | 14606.39 | 1.08 | 0.77 | 13962.44 | 14572.90 |
| 1.62 | 558.94 | 0.00 | 0.27 | 1.62 | 522.53 | 2118.33 | 6198.43 | 0.45 | 0.48 | 2104.48 | 6136.02 | 13959.56 | 14605.24 | 1.11 | 0.79 | 13962.49 | 14571.84 |
| 1.62 | 558.88 | 0.00 | 0.28 | 1.62 | 522.51 | 2118.33 | 6197.87 | 0.46 | 0.49 | 2104.51 | 6135.52 | 13959.53 | 14604.07 | 1.14 | 0.81 | 13962.52 | 14570.78 |
| 1.62 | 558.83 | 0.00 | 0.28 | 1.62 | 522.49 | 2118.34 | 6197.31 | 0.47 | 0.50 | 2104.54 | 6135.01 | 13959.49 | 14602.90 | 1.16 | 0.83 | 13962.55 | 14569.70 |
| 1.62 | 558.77 | 0.00 | 0.29 | 1.62 | 522.47 | 2118.35 | 6196.74 | 0.48 | 0.51 | 2104.57 | 6134.51 | 13959.44 | 14601.70 | 1.19 | 0.85 | 13962.57 | 14568.60 |
| 1.62 | 558.71 | 0.00 | 0.30 | 1.62 | 522.45 | 2118.37 | 6196.15 | 0.49 | 0.52 | 2104.61 | 6133.98 | 13959.36 | 14600.49 | 1.22 | 0.87 | 13962.56 | 14567.49 |
| 1.61 | 558.66 | 0.00 | 0.30 | 1.62 | 522.44 | 2118.39 | 6195.58 | 0.51 | 0.53 | 2104.66 | 6133.47 | 13959.30 | 14599.27 | 1.25 | 0.89 | 13962.57 | 14566.37 |
| 1.61 | 558.60 | 0.00 | 0.31 | 1.61 | 522.43 | 2118.43 | 6195.01 | 0.52 | 0.55 | 2104.72 | 6132.96 | 13959.23 | 14598.04 | 1.28 | 0.91 | 13962.58 | 14565.24 |
| 1.61 | 558.55 | 0.00 | 0.31 | 1.61 | 522.41 | 2118.47 | 6194.44 | 0.53 | 0.56 | 2104.80 | 6132.45 | 13959.15 | 14596.80 | 1.31 | 0.93 | 13962.57 | 14564.10 |
| 1.61 | 558.50 | 0.00 | 0.32 | 1.61 | 522.39 | 2118.52 | 6193.86 | 0.54 | 0.57 | 2104.88 | 6131.94 | 13959.07 | 14595.55 | 1.33 | 0.95 | 13962.56 | 14562.95 |
| 1.61 | 558.44 | 0.00 | 0.32 | 1.61 | 522.38 | 2118.55 | 6193.28 | 0.56 | 0.58 | 2104.95 | 6131.42 | 13958.99 | 14594.29 | 1.36 | 0.97 | 13962.55 | 14561.79 |
| 1.60 | 558.39 | 0.00 | 0.33 | 1.60 | 522.36 | 2118.59 | 6192.69 | 0.57 | 0.59 | 2105.03 | 6130.90 | 13958.90 | 14593.02 | 1.39 | 0.99 | 13962.53 | 14560.62 |
| 1.60 | 558.34 | 0.00 | 0.33 | 1.60 | 522.34 | 2118.62 | 6192.10 | 0.58 | 0.60 | 2105.09 | 6130.37 | 13958.80 | 14591.73 | 1.42 | 1.01 | 13962.51 | 14559.44 |
| 1.60 | 558.29 | 0.00 | 0.34 | 1.60 | 522.32 | 2118.66 | 6191.50 | 0.60 | 0.62 | 2105.15 | 6129.84 | 13958.70 | 14590.44 | 1.45 | 1.03 | 13962.49 | 14558.26 |
| 1.60 | 558.24 | 0.00 | 0.35 | 1.60 | 522.30 | 2118.70 | 6190.90 | 0.61 | 0.63 | 2105.22 | 6129.31 | 13958.59 | 14589.13 | 1.48 | 1.05 | 13962.45 | 14557.06 |
| 1.59 | 558.18 | 0.00 | 0.35 | 1.59 | 522.28 | 2118.74 | 6190.30 | 0.63 | 0.64 | 2105.27 | 6128.78 | 13958.46 | 14587.81 | 1.51 | 1.07 | 13962.40 | 14555.85 |
| 1.59 | 558.13 | 0.00 | 0.36 | 1.59 | 522.26 | 2118.81 | 6189.70 | 0.64 | 0.65 | 2105.36 | 6128.24 | 13958.34 | 14586.47 | 1.54 | 1.09 | 13962.36 | 14554.62 |
| 1.59 | 558.07 | 0.00 | 0.36 | 1.59 | 522.25 | 2118.89 | 6189.10 | 0.66 | 0.67 | 2105.46 | 6127.71 | 13958.21 | 14585.12 | 1.57 | 1.11 | 13962.31 | 14553.38 |
| 1.58 | 558.02 | 0.00 | 0.37 | 1.58 | 522.24 | 2118.98 | 6188.50 | 0.67 | 0.68 | 2105.56 | 6127.17 | 13958.07 | 14583.77 | 1.61 | 1.14 | 13962.25 | 14552.14 |
| 1.58 | 557.97 | 0.00 | 0.38 | 1.58 | 522.22 | 2119.07 | 6187.89 | 0.69 | 0.69 | 2105.68 | 6126.64 | 13957.93 | 14582.40 | 1.64 | 1.16 | 13962.19 | 14550.88 |
| 1.58 | 557.92 | 0.00 | 0.38 | 1.58 | 522.21 | 2119.17 | 6187.28 | 0.70 | 0.71 | 2105.79 | 6126.10 | 13957.78 | 14581.02 | 1.67 | 1.18 | 13962.12 | 14549.62 |
| 1.57 | 557.87 | 0.00 | 0.39 | 1.57 | 522.20 | 2119.26 | 6186.67 | 0.72 | 0.72 | 2105.91 | 6125.56 | 13957.63 | 14579.63 | 1.70 | 1.20 | 13962.05 | 14548.34 |
| 1.57 | 557.82 | 0.00 | 0.40 | 1.57 | 522.19 | 2119.36 | 6186.06 | 0.74 | 0.73 | 2106.03 | 6125.01 | 13957.48 | 14578.24 | 1.73 | 1.22 | 13961.98 | 14547.06 |
| 1.57 | 557.77 | 0.00 | 0.40 | 1.57 | 522.17 | 2119.46 | 6185.44 | 0.75 | 0.75 | 2106.15 | 6124.47 | 13957.32 | 14576.83 | 1.76 | 1.25 | 13961.90 | 14545.78 |
| 1.56 | 557.72 | 0.00 | 0.41 | 1.56 | 522.16 | 2119.57 | 6184.83 | 0.77 | 0.76 | 2106.28 | 6123.93 | 13957.16 | 14575.43 | 1.79 | 1.27 | 13961.83 | 14544.49 |
| 1.56 | 557.67 | 0.00 | 0.41 | 1.56 | 522.15 | 2119.67 | 6184.21 | 0.79 | 0.77 | 2106.40 | 6123.38 | 13956.99 | 14574.00 | 1.83 | 1.29 | 13961.74 | 14543.19 |
| 1.56 | 557.63 | 0.00 | 0.42 | 1.56 | 522.14 | 2119.79 | 6183.60 | 0.81 | 0.79 | 2106.56 | 6122.84 | 13956.82 | 14572.58 | 1.86 | 1.31 | 13961.66 | 14541.88 |
| 1.55 | 557.58 | 0.00 | 0.43 | 1.56 | 522.13 | 2119.91 | 6182.98 | 0.82 | 0.80 | 2106.70 | 6122.29 | 13956.64 | 14571.14 | 1.89 | 1.34 | 13961.57 | 14540.56 |
| 1.55 | 557.53 | 0.00 | 0.43 | 1.55 | 522.12 | 2120.03 | 6182.35 | 0.84 | 0.81 | 2106.85 | 6121.74 | 13956.46 | 14569.69 | 1.92 | 1.36 | 13961.48 | 14539.22 |
| 1.55 | 557.48 | 0.00 | 0.44 | 1.55 | 522.10 | 2120.16 | 6181.72 | 0.86 | 0.83 | 2107.00 | 6121.18 | 13956.27 | 14568.23 | 1.96 | 1.38 | 13961.37 | 14537.88 |
| 1.55 | 557.43 | 0.00 | 0.45 | 1.55 | 522.09 | 2120.29 | 6181.09 | 0.88 | 0.84 | 2107.17 | 6120.63 | 13956.07 | 14566.76 | 1.99 | 1.40 | 13961.27 | 14536.54 |
| 1.54 | 557.38 | 0.00 | 0.45 | 1.54 | 522.07 | 2120.43 | 6180.46 | 0.90 | 0.86 | 2107.33 | 6120.07 | 13955.87 | 14565.28 | 2.02 | 1.43 | 13961.15 | 14535.18 |
| 1.54 | 557.33 | 0.00 | 0.46 | 1.54 | 522.06 | 2120.57 | 6179.82 | 0.92 | 0.87 | 2107.51 | 6119.51 | 13955.66 | 14563.79 | 2.06 | 1.45 | 13961.03 | 14533.81 |
| 1.53 | 557.28 | 0.00 | 0.47 | 1.54 | 522.05 | 2120.72 | 6179.18 | 0.94 | 0.89 | 2107.69 | 6118.95 | 13955.45 | 14562.28 | 2.09 | 1.47 | 13960.91 | 14532.44 |
| 1.53 | 557.23 | 0.00 | 0.48 | 1.53 | 522.03 | 2120.86 | 6178.53 | 0.96 | 0.90 | 2107.86 | 6118.39 | 13955.23 | 14560.77 | 2.12 | 1.50 | 13960.78 | 14531.06 |
| 1.53 | 557.18 | 0.01 | 0.48 | 1.53 | 522.02 | 2121.02 | 6177.88 | 0.98 | 0.92 | 2108.05 | 6117.82 | 13955.00 | 14559.24 | 2.16 | 1.52 | 13960.64 | 14529.66 |
| 1.53 | 557.13 | 0.01 | 0.49 | 1.53 | 522.01 | 2121.17 | 6177.23 | 1.00 | 0.93 | 2108.23 | 6117.25 | 13954.77 | 14557.71 | 2.19 | 1.54 | 13960.50 | 14528.26 |
| 1.52 | 557.08 | 0.01 | 0.50 | 1.52 | 521.99 | 2121.33 | 6176.58 | 1.02 | 0.94 | 2108.42 | 6116.68 | 13954.53 | 14556.17 | 2.23 | 1.57 | 13960.35 | 14526.84 |
| 1.52 | 557.04 | 0.01 | 0.50 | 1.52 | 521.99 | 2121.49 | 6175.92 | 1.05 | 0.96 | 2108.62 | 6116.10 | 13954.28 | 14554.62 | 2.26 | 1.59 | 13960.20 | 14525.42 |
| 1.52 | 557.01 | 0.01 | 0.51 | 1.52 | 522.00 | 2121.65 | 6175.26 | 1.07 | 0.98 | 2108.82 | 6115.52 | 13954.03 | 14553.06 | 2.29 | 1.62 | 13960.04 | 14523.99 |
| 1.51 | 556.97 | 0.01 | 0.52 | 1.51 | 522.00 | 2121.82 | 6174.59 | 1.09 | 0.99 | 2109.02 | 6114.93 | 13953.77 | 14551.48 | 2.33 | 1.64 | 13959.88 | 14522.54 |
| 1.51 | 556.93 | 0.01 | 0.52 | 1.51 | 521.99 | 2121.98 | 6173.92 | 1.11 | 1.01 | 2109.22 | 6114.34 | 13953.50 | 14549.90 | 2.36 | 1.66 | 13959.71 | 14521.09 |
| 1.51 | 556.87 | 0.01 | 0.53 | 1.51 | 521.98 | 2122.15 | 6173.24 | 1.14 | 1.02 | 2109.43 | 6113.75 | 13953.22 | 14548.30 | 2.40 | 1.69 | 13959.52 | 14519.63 |
| 1.50 | 556.83 | 0.01 | 0.54 | 1.50 | 521.97 | 2122.33 | 6172.56 | 1.16 | 1.04 | 2109.64 | 6113.15 | 13952.93 | 14546.69 | 2.43 | 1.71 | 13959.33 | 14518.15 |
| 1.50 | 556.77 | 0.01 | 0.55 | 1.50 | 521.96 | 2122.51 | 6171.87 | 1.18 | 1.05 | 2109.85 | 6112.54 | 13952.64 | 14545.07 | 2.47 | 1.74 | 13959.14 | 14516.66 |
| 1.49 | 556.72 | 0.01 | 0.55 | 1.50 | 521.94 | 2122.69 | 6171.18 | 1.21 | 1.07 | 2110.07 | 6111.94 | 13952.33 | 14543.43 | 2.50 | 1.76 | 13958.93 | 14515.16 |
| 1.49 | 556.66 | 0.01 | 0.56 | 1.49 | 521.93 | 2122.88 | 6170.48 | 1.23 | 1.08 | 2110.30 | 6111.33 | 13952.02 | 14541.79 | 2.54 | 1.79 | 13958.72 | 14513.65 |
| 1.48 | 556.60 | 0.01 | 0.57 | 1.49 | 521.91 | 2123.07 | 6169.78 | 1.26 | 1.10 | 2110.52 | 6110.71 | 13951.71 | 14540.14 | 2.57 | 1.81 | 13958.51 | 14512.14 |
| 1.48 | 556.54 | 0.01 | 0.58 | 1.48 | 521.89 | 2123.26 | 6169.07 | 1.28 | 1.12 | 2110.76 | 6110.09 | 13951.38 | 14538.48 | 2.61 | 1.84 | 13958.28 | 14510.62 |
| 1.48 | 556.48 | 0.01 | 0.58 | 1.48 | 521.87 | 2123.45 | 6168.36 | 1.31 | 1.13 | 2110.99 | 6109.47 | 13951.05 | 14536.81 | 2.64 | 1.86 | 13958.05 | 14509.08 |
| 1.47 | 556.41 | 0.01 | 0.59 | 1.47 | 521.85 | 2123.65 | 6167.65 | 1.33 | 1.15 | 2111.23 | 6108.84 | 13950.70 | 14535.12 | 2.68 | 1.89 | 13957.81 | 14507.53 |
| 1.47 | 556.34 | 0.01 | 0.60 | 1.47 | 521.83 | 2123.84 | 6166.93 | 1.36 | 1.16 | 2111.48 | 6108.21 | 13950.35 | 14533.42 | 2.71 | 1.91 | 13957.56 | 14505.98 |
| 1.46 | 556.28 | 0.01 | 0.61 | 1.47 | 521.81 | 2124.04 | 6166.20 | 1.38 | 1.18 | 2111.72 | 6107.57 | 13950.00 | 14531.72 | 2.75 | 1.94 | 13957.30 | 14504.41 |
| 1.46 | 556.21 | 0.01 | 0.61 | 1.46 | 521.79 | 2124.24 | 6165.47 | 1.41 | 1.20 | 2111.97 | 6106.93 | 13949.63 | 14530.00 | 2.78 | 1.96 | 13957.04 | 14502.83 |
| 1.45 | 556.14 | 0.01 | 0.62 | 1.46 | 521.76 | 2124.44 | 6164.73 | 1.44 | 1.21 | 2112.21 | 6106.28 | 13949.24 | 14528.27 | 2.82 | 1.99 | 13956.76 | 14501.24 |
| 1.45 | 556.07 | 0.01 | 0.63 | 1.45 | 521.74 | 2124.65 | 6163.99 | 1.46 | 1.23 | 2112.47 | 6105.63 | 13948.82 | 14526.52 | 2.85 | 2.01 | 13956.44 | 14499.63 |
| 1.44 | 556.01 | 0.01 | 0.64 | 1.45 | 521.71 | 2124.85 | 6163.24 | 1.49 | 1.25 | 2112.72 | 6104.98 | 13948.42 | 14524.75 | 2.89 | 2.04 | 13956.14 | 14498.01 |
| 1.44 | 555.94 | 0.01 | 0.64 | 1.44 | 521.69 | 2125.06 | 6162.49 | 1.52 | 1.26 | 2112.98 | 6104.32 | 13948.02 | 14522.99 | 2.93 | 2.06 | 13955.84 | 14496.39 |
| 1.43 | 555.86 | 0.01 | 0.65 | 1.44 | 521.66 | 2125.27 | 6161.74 | 1.54 | 1.28 | 2113.24 | 6103.66 | 13947.60 | 14521.20 | 2.96 | 2.09 | 13955.53 | 14494.75 |
| 1.43 | 555.80 | 0.01 | 0.66 | 1.43 | 521.63 | 2125.48 | 6160.98</ | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|--------|------|------|------|--------|---------|-----------|------|------|---------|---------|----------|----------|------|------|----------|----------|
| 1.36 | 554.85 | 0.01 | 0.76 | 1.37 | 521.32 | 2128.37 | 6150.61 | 1.94 | 1.52 | 2117.11 | 6093.89 | 13940.58 | 14494.96 | 3.46 | 2.44 | 13950.06 | 14470.61 |
| 1.36 | 554.77 | 0.01 | 0.76 | 1.36 | 521.30 | 2128.61 | 6149.78 | 1.97 | 1.53 | 2117.40 | 6093.16 | 13939.99 | 14492.99 | 3.50 | 2.47 | 13949.59 | 14468.79 |
| 1.35 | 554.69 | 0.01 | 0.77 | 1.35 | 521.27 | 2128.85 | 6148.94 | 2.00 | 1.55 | 2117.71 | 6092.42 | 13939.39 | 14491.01 | 3.53 | 2.49 | 13949.10 | 14466.96 |
| 1.34 | 554.61 | 0.01 | 0.78 | 1.35 | 521.25 | 2129.10 | 6148.09 | 2.03 | 1.57 | 2118.02 | 6091.68 | 13938.74 | 14488.94 | 3.57 | 2.52 | 13948.57 | 14465.04 |
| 1.34 | 554.53 | 0.01 | 0.79 | 1.34 | 521.22 | 2129.34 | 6147.23 | 2.06 | 1.59 | 2118.32 | 6090.93 | 13938.13 | 14486.96 | 3.60 | 2.54 | 13948.07 | 14463.20 |
| 1.33 | 554.45 | 0.01 | 0.79 | 1.33 | 521.20 | 2129.58 | 6146.38 | 2.09 | 1.60 | 2118.63 | 6090.18 | 13937.49 | 14484.95 | 3.64 | 2.57 | 13947.56 | 14461.35 |
| 1.32 | 554.37 | 0.01 | 0.80 | 1.33 | 521.17 | 2129.82 | 6145.52 | 2.12 | 1.62 | 2118.93 | 6089.42 | 13936.85 | 14482.93 | 3.67 | 2.59 | 13947.03 | 14459.48 |
| 1.32 | 554.29 | 0.01 | 0.81 | 1.32 | 521.14 | 2130.06 | 6144.65 | 2.15 | 1.64 | 2119.24 | 6088.66 | 13936.20 | 14480.89 | 3.71 | 2.62 | 13946.49 | 14457.60 |
| 1.31 | 554.21 | 0.01 | 0.82 | 1.32 | 521.11 | 2130.31 | 6143.78 | 2.18 | 1.65 | 2119.55 | 6087.89 | 13935.53 | 14478.85 | 3.74 | 2.65 | 13945.94 | 14455.71 |
| 1.30 | 554.13 | 0.01 | 0.82 | 1.31 | 521.08 | 2130.55 | 6142.91 | 2.21 | 1.67 | 2119.86 | 6087.13 | 13934.85 | 14476.78 | 3.78 | 2.67 | 13945.38 | 14453.80 |
| 1.30 | 554.05 | 0.01 | 0.83 | 1.30 | 521.05 | 2130.80 | 6142.03 | 2.24 | 1.69 | 2120.17 | 6086.35 | 13934.16 | 14474.70 | 3.81 | 2.70 | 13944.80 | 14451.88 |
| 1.29 | 553.97 | 0.01 | 0.84 | 1.30 | 521.01 | 2131.04 | 6141.14 | 2.27 | 1.70 | 2120.47 | 6085.57 | 13933.45 | 14472.61 | 3.85 | 2.72 | 13944.21 | 14449.95 |
| 1.29 | 553.89 | 0.01 | 0.85 | 1.29 | 520.98 | 2131.28 | 6140.25 | 2.30 | 1.72 | 2120.78 | 6084.79 | 13932.73 | 14470.51 | 3.88 | 2.75 | 13943.61 | 14448.00 |
| 1.28 | 553.81 | 0.01 | 0.85 | 1.29 | 520.95 | 2131.50 | 6139.35 | 2.33 | 1.74 | 2121.07 | 6084.00 | 13931.84 | 14468.18 | 3.92 | 2.77 | 13942.83 | 14445.82 |
| 1.27 | 553.72 | 0.01 | 0.86 | 1.28 | 520.91 | 2131.75 | 6138.45 | 2.36 | 1.75 | 2121.38 | 6083.20 | 13931.14 | 14466.09 | 3.95 | 2.80 | 13942.25 | 14443.90 |
| 1.27 | 553.64 | 0.01 | 0.87 | 1.27 | 520.88 | 2131.99 | 6137.54 | 2.39 | 1.77 | 2121.70 | 6082.40 | 13930.40 | 14463.99 | 3.99 | 2.82 | 13941.64 | 14441.95 |
| 1.26 | 553.56 | 0.01 | 0.88 | 1.26 | 520.84 | 2132.24 | 6136.63 | 2.42 | 1.79 | 2122.01 | 6081.59 | 13929.66 | 14461.85 | 4.02 | 2.85 | 13941.01 | 14439.98 |
| 1.25 | 553.47 | 0.01 | 0.88 | 1.26 | 520.81 | 2132.49 | 6135.71 | 2.45 | 1.80 | 2122.33 | 6080.79 | 13928.90 | 14459.71 | 4.06 | 2.87 | 13940.37 | 14438.00 |
| 1.24 | 553.39 | 0.01 | 0.89 | 1.25 | 520.77 | 2132.74 | 6134.79 | 2.47 | 1.82 | 2122.65 | 6079.98 | 13928.13 | 14457.56 | 4.09 | 2.90 | 13939.72 | 14436.01 |
| 1.24 | 553.30 | 0.01 | 0.90 | 1.24 | 520.73 | 2132.99 | 6133.87 | 2.50 | 1.84 | 2122.97 | 6079.16 | 13927.35 | 14455.38 | 4.13 | 2.92 | 13939.06 | 14434.00 |
| 1.23 | 553.21 | 0.01 | 0.91 | 1.24 | 520.70 | 2133.24 | 6132.94 | 2.53 | 1.85 | 2123.29 | 6078.34 | 13926.55 | 14453.19 | 4.16 | 2.95 | 13938.38 | 14431.97 |
| 1.22 | 553.13 | 0.01 | 0.91 | 1.23 | 520.67 | 2133.49 | 6132.00 | 2.56 | 1.87 | 2123.61 | 6077.51 | 13925.74 | 14450.99 | 4.19 | 2.97 | 13937.69 | 14429.93 |
| 1.22 | 553.04 | 0.01 | 0.92 | 1.22 | 520.63 | 2133.74 | 6131.06 | 2.59 | 1.88 | 2123.93 | 6076.68 | 13924.91 | 14448.77 | 4.23 | 3.00 | 13936.98 | 14427.87 |
| 1.21 | 552.95 | 0.01 | 0.93 | 1.22 | 520.59 | 2134.00 | 6130.12 | 2.62 | 1.90 | 2124.26 | 6075.85 | 13923.73 | 14446.00 | 4.26 | 3.02 | 13935.92 | 14425.27 |
| 1.21 | 552.87 | 0.01 | 0.94 | 1.21 | 520.56 | 2134.25 | 6129.17 | 2.65 | 1.92 | 2124.58 | 6075.01 | 13922.96 | 14443.89 | 4.29 | 3.05 | 13935.26 | 14423.32 |
| 1.20 | 552.78 | 0.01 | 0.94 | 1.21 | 520.52 | 2134.50 | 6128.21 | 2.68 | 1.93 | 2124.91 | 6074.17 | 13922.17 | 14441.73 | 4.33 | 3.07 | 13934.59 | 14421.33 |
| 1.19 | 552.69 | 0.01 | 0.95 | 1.20 | 520.48 | 2134.76 | 6127.25 | 2.71 | 1.95 | 2125.23 | 6073.32 | 13921.35 | 14439.54 | 4.36 | 3.09 | 13933.89 | 14419.30 |
| 1.19 | 552.60 | 0.01 | 0.96 | 1.19 | 520.44 | 2135.01 | 6126.28 | 2.74 | 1.96 | 2125.56 | 6072.46 | 13920.50 | 14437.31 | 4.39 | 3.12 | 13933.17 | 14417.24 |
| 1.18 | 552.51 | 0.01 | 0.96 | 1.19 | 520.40 | 2135.26 | 6125.31 | 2.76 | 1.98 | 2125.89 | 6071.60 | 13919.61 | 14435.04 | 4.43 | 3.14 | 13932.40 | 14415.14 |
| 1.17 | 552.42 | 0.01 | 0.97 | 1.18 | 520.36 | 2135.52 | 6124.34 | 2.79 | 1.99 | 2126.22 | 6070.74 | 13918.72 | 14432.76 | 4.46 | 3.17 | 13931.63 | 14413.02 |
| 1.16 | 552.33 | 0.01 | 0.98 | 1.17 | 520.32 | 2135.78 | 6123.36 | 2.82 | 2.01 | 2126.56 | 6069.88 | 13917.81 | 14430.46 | 4.49 | 3.19 | 13930.84 | 14410.88 |
| 1.16 | 552.24 | 0.01 | 0.99 | 1.17 | 520.28 | 2136.04 | 6122.38 | 2.85 | 2.02 | 2126.89 | 6069.01 | 13916.88 | 14428.13 | 4.53 | 3.22 | 13930.03 | 14408.72 |
| 1.15 | 552.15 | 0.01 | 0.99 | 1.16 | 520.24 | 2136.29 | 6121.40 | 2.88 | 2.04 | 2127.23 | 6068.13 | 13915.94 | 14425.78 | 4.56 | 3.24 | 13929.21 | 14406.54 |
| 1.15 | 552.06 | 0.01 | 1.00 | 1.15 | 520.20 | 2136.55 | 6120.40 | 2.90 | 2.05 | 2127.56 | 6067.26 | 13914.36 | 14422.35 | 4.59 | 3.26 | 13927.76 | 14403.30 |
| 1.14 | 551.97 | 0.01 | 1.01 | 1.15 | 520.16 | 2136.81 | 6119.41 | 2.93 | 2.07 | 2127.91 | 6066.37 | 13913.57 | 14420.31 | 4.62 | 3.29 | 13927.10 | 14401.40 |
| 1.13 | 551.88 | 0.01 | 1.02 | 1.14 | 520.11 | 2137.07 | 6118.41 | 2.96 | 2.08 | 2128.25 | 6065.49 | 13912.71 | 14418.14 | 4.65 | 3.31 | 13926.36 | 14399.40 |
| 1.12 | 551.79 | 0.01 | 1.02 | 1.13 | 520.07 | 2137.33 | 6117.40 | 2.98 | 2.10 | 2128.59 | 6064.60 | 13911.80 | 14415.89 | 4.68 | 3.33 | 13925.58 | 14397.33 |
| 1.12 | 551.70 | 0.01 | 1.03 | 1.13 | 520.03 | 2137.60 | 6116.40 | 3.01 | 2.11 | 2128.94 | 6063.71 | 13910.86 | 14413.59 | 4.72 | 3.36 | 13924.76 | 14395.21 |
| 1.11 | 551.61 | 0.01 | 1.04 | 1.12 | 519.99 | 2137.87 | 6115.39 | 3.04 | 2.13 | 2129.28 | 6062.82 | 13909.89 | 14411.25 | 4.75 | 3.38 | 13923.91 | 14393.05 |
| 1.10 | 551.52 | 0.01 | 1.05 | 1.11 | 519.95 | 2138.14 | 6114.37 | 3.06 | 2.14 | 2129.63 | 6061.92 | 13908.89 | 14408.86 | 4.78 | 3.40 | 13923.04 | 14390.84 |
| 1.10 | 551.43 | 0.01 | 1.05 | 1.11 | 519.91 | 2138.41 | 6113.36 | 3.09 | 2.16 | 2129.98 | 6061.02 | 13907.87 | 14406.45 | 4.81 | 3.43 | 13922.14 | 14388.60 |
| 1.09 | 551.34 | 0.01 | 1.06 | 1.10 | 519.87 | 2138.67 | 6112.34 | 3.12 | 2.17 | 2130.33 | 6060.11 | 13906.83 | 14404.01 | 4.84 | 3.45 | 13921.22 | 14386.34 |
| 1.08 | 551.25 | 0.01 | 1.07 | 1.09 | 519.82 | 2138.94 | 6111.31 | 3.14 | 2.18 | 2130.67 | 6059.20 | 13905.77 | 14401.54 | 4.87 | 3.47 | 13920.29 | 14384.05 |
| 1.08 | 551.16 | 0.01 | 1.08 | 1.08 | 519.78 | 2139.21 | 6110.28 | 3.17 | 2.20 | 2131.02 | 6058.29 | 13904.67 | 14399.06 | 4.90 | 3.50 | 13919.31 | 14381.75 |
| 1.07 | 551.07 | 0.01 | 1.08 | 1.08 | 519.74 | 2139.48 | 6109.24 | 3.19 | 2.21 | 2131.37 | 6057.36 | 13903.56 | 14396.56 | 4.93 | 3.52 | 13918.32 | 14379.43 |
| 1.06 | 550.97 | 0.01 | 1.09 | 1.07 | 519.70 | 2139.74 | 6108.20 | 3.22 | 2.22 | 2131.71 | 6056.44 | 13902.48 | 14394.06 | 4.96 | 3.54 | 13917.36 | 14377.10 |
| 1.06 | 550.88 | 0.01 | 1.10 | 1.06 | 519.65 | 2140.01 | 6107.16 | 3.24 | 2.24 | 2132.06 | 6055.51 | 13901.39 | 14391.55 | 4.99 | 3.56 | 13916.39 | 14374.77 |
| 1.05 | 550.79 | 0.01 | 1.10 | 1.06 | 519.61 | 2140.28 | 6106.11 | 3.27 | 2.25 | 2132.41 | 6054.57 | 13900.28 | 14389.02 | 5.02 | 3.58 | 13915.40 | 14372.43 |
| 1.04 | 550.70 | 0.01 | 1.11 | 1.05 | 519.57 | 2140.55 | 6105.06 | 3.29 | 2.26 | 2132.76 | 6053.64 | 13899.15 | 14386.47 | 5.05 | 3.61 | 13914.40 | 14370.06 |
| 1.03 | 550.61 | 0.01 | 1.12 | 1.04 | 519.53 | 2140.81 | 6104.00 | 3.32 | 2.28 | 2133.11 | 6052.70 | 13898.01 | 14383.92 | 5.08 | 3.63 | 13913.39 | 14367.69 |
| 1.03 | 550.51 | 0.01 | 1.13 | 1.03 | 519.48 | 2141.08 | 6102.94 | 3.34 | 2.29 | 2133.46 | 6051.76 | 13896.86 | 14381.36 | 5.10 | 3.65 | 13912.36 | 14365.30 |
| 1.02 | 550.42 | 0.01 | 1.13 | 1.03 | 519.44 | 2141.36 | 6101.88 | 3.37 | 2.30 | 2133.81 | 6050.81 | 13895.70 | 14378.78 | 5.13 | 3.67 | 13911.32 | 14362.91 |
| 1.01 | 550.33 | 0.01 | 1.14 | 1.02 | 519.39 | 2141.63 | 6100.82 | 3.39 | 2.32 | 2134.17 | 6049.86 | 13894.52 | 14376.20 | 5.16 | 3.69 | 13910.27 | 14360.50 |
| 1.00 | 550.23 | 0.01 | 1.15 | 1.01 | 519.35 | 2141.91 | 6099.75 | 3.41 | 2.33 | 2134.53 | 6048.91 | 13893.22 | 14373.36 | 5.19 | 3.71 | 13909.09 | 14357.82 |
| 1.00 | 550.14 | 0.01 | 1.15 | 1.01 | 519.30 | 2142.18 | 6098.67 | 3.44 | 2.34 | 2134.89 | 6047.96 | 13892.10 | 14370.91 | 5.22 | 3.73 | 13908.08 | 14355.54 |
| 0.99 | 550.05 | 0.01 | 1.16 | 1.00 | 519.27 | 2142.46 | 6097.60 | 3.46 | 2.35 | 2135.25 | 6047.00 | 13890.96 | 14368.39 | 5.24 | 3.76 | 13907.07 | 14353.20 |
| 0.98 | 549.96 | 0.01 | 1.17 | 0.99 | 519.23 | 2142.74 | 6096.51 | 3.48 | 2.36 | 2135.61 | 6046.04 | 13889.79 | 14365.84 | 5.27 | 3.78 | 13906.02 | 14350.83 |
| 0.97 | 549.87 | 0.01 | 1.17 | 0.98 | 519.18 | 2143.02 | 6095.43 | 3.51 | 2.38 | 2135.97 | 6045.07 | 13888.60 | 14363.26 | 5.30 | 3.80 | 13904.96 | 14348.43 |
| 0.96 | 549.77 | 0.01 | 1.18 | 0.97 | 519.13 | 2143.30 | 6094.34 | 3.53 | 2.39 | 2136.34 | 6044.10 | 13887.39 | 14360.65 | 5.32 | 3.82 | 13903.88 | 14346.00 |
| 0.95 | 549.67 | 0.01 | 1.19 | 0.96 | 519.08 | 2143.59 | 6093.25 | 3.55 | 2.40 | 2136.71 | 6043.13 | 13886.17 | 14358.03 | 5.35 | 3.84 | 13902.78 | 14343.56 |
| 0.94 | 549.58 | 0.01 | 1.19 | 0.95 | 519.03 | 2143.87 | 6092.16 | 3.57 | 2.41 | 2137.07 | 6042.16 | 13884.94 | 14355.39 | 5.37 | 3.86 | 13901.67 | 14341.10 |
| 0.94 | 549.48 | 0.01 | 1.20 | 0.95 | 518.98 | 2144.15 | 6091.06 | 3.60 | 2.42 | 2137.44 | 6041.18 | 13883.69 | 14352.73 | 5.40 | 3.88 | 13900.54 | 14338.62 |
| 0.93 | 549.38 | 0.01 | 1.21 | 0.94 | 518.93 | 2144.44 | 6089.96</ | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|--------|------|------|------|--------|---------|-----------|------|------|---------|---------|----------|----------|------|------|----------|----------|
| 0.82 | 548.08 | 0.01 | 1.29 | 0.83 | 518.23 | 2148.24 | 6075.34 | 3.87 | 2.56 | 2142.72 | 6027.15 | 13865.28 | 14314.87 | 5.73 | 4.14 | 13883.84 | 14303.31 |
| 0.81 | 547.98 | 0.01 | 1.29 | 0.82 | 518.17 | 2148.53 | 6074.19 | 3.89 | 2.57 | 2143.10 | 6026.12 | 13863.91 | 14312.13 | 5.75 | 4.16 | 13882.60 | 14300.76 |
| 0.80 | 547.87 | 0.01 | 1.30 | 0.81 | 518.12 | 2148.82 | 6073.04 | 3.91 | 2.58 | 2143.46 | 6025.08 | 13862.53 | 14309.39 | 5.77 | 4.17 | 13881.34 | 14298.20 |
| 0.79 | 547.77 | 0.01 | 1.30 | 0.80 | 518.06 | 2149.11 | 6071.88 | 3.93 | 2.59 | 2143.83 | 6024.05 | 13861.13 | 14306.61 | 5.79 | 4.19 | 13880.06 | 14295.61 |
| 0.78 | 547.67 | 0.01 | 1.31 | 0.79 | 518.01 | 2149.41 | 6070.72 | 3.94 | 2.60 | 2144.20 | 6023.01 | 13859.71 | 14303.82 | 5.81 | 4.21 | 13878.76 | 14293.01 |
| 0.77 | 547.56 | 0.01 | 1.31 | 0.78 | 517.96 | 2149.70 | 6069.56 | 3.96 | 2.61 | 2144.58 | 6021.96 | 13858.29 | 14301.03 | 5.83 | 4.22 | 13877.46 | 14290.39 |
| 0.76 | 547.46 | 0.01 | 1.32 | 0.77 | 517.90 | 2149.99 | 6068.40 | 3.98 | 2.62 | 2144.95 | 6020.92 | 13856.85 | 14298.22 | 5.85 | 4.24 | 13876.14 | 14287.77 |
| 0.75 | 547.36 | 0.01 | 1.32 | 0.76 | 517.85 | 2150.29 | 6067.23 | 3.99 | 2.62 | 2145.31 | 6019.87 | 13855.41 | 14295.41 | 5.86 | 4.25 | 13874.82 | 14285.14 |
| 0.74 | 547.25 | 0.01 | 1.33 | 0.75 | 517.79 | 2150.57 | 6066.05 | 4.01 | 2.63 | 2145.67 | 6018.81 | 13853.95 | 14292.58 | 5.88 | 4.27 | 13873.48 | 14282.50 |
| 0.73 | 547.15 | 0.01 | 1.33 | 0.74 | 517.74 | 2150.86 | 6064.87 | 4.02 | 2.64 | 2146.05 | 6017.76 | 13852.50 | 14289.77 | 5.90 | 4.28 | 13872.15 | 14279.86 |
| 0.73 | 547.04 | 0.01 | 1.34 | 0.74 | 517.69 | 2151.16 | 6063.70 | 4.04 | 2.65 | 2146.42 | 6016.70 | 13851.04 | 14286.95 | 5.92 | 4.30 | 13870.81 | 14277.23 |
| 0.72 | 546.94 | 0.01 | 1.34 | 0.73 | 517.64 | 2151.45 | 6062.52 | 4.06 | 2.66 | 2146.80 | 6015.64 | 13849.57 | 14284.12 | 5.94 | 4.31 | 13869.46 | 14274.58 |
| 0.71 | 546.83 | 0.01 | 1.35 | 0.72 | 517.58 | 2151.75 | 6061.34 | 4.07 | 2.66 | 2147.17 | 6014.58 | 13848.06 | 14281.28 | 5.95 | 4.33 | 13868.07 | 14271.92 |
| 0.70 | 546.73 | 0.01 | 1.35 | 0.71 | 517.53 | 2152.05 | 6060.15 | 4.08 | 2.67 | 2147.55 | 6013.51 | 13846.58 | 14278.45 | 5.97 | 4.34 | 13866.71 | 14269.27 |
| 0.69 | 546.63 | 0.01 | 1.36 | 0.70 | 517.48 | 2152.35 | 6058.96 | 4.10 | 2.68 | 2147.92 | 6012.45 | 13845.10 | 14275.61 | 5.99 | 4.36 | 13865.35 | 14266.61 |
| 0.68 | 546.53 | 0.01 | 1.36 | 0.69 | 517.43 | 2152.65 | 6057.77 | 4.11 | 2.68 | 2148.30 | 6011.37 | 13843.61 | 14272.77 | 6.00 | 4.37 | 13863.97 | 14263.95 |
| 0.67 | 546.43 | 0.01 | 1.36 | 0.68 | 517.38 | 2152.94 | 6056.57 | 4.13 | 2.69 | 2148.67 | 6010.30 | 13842.11 | 14269.93 | 6.02 | 4.38 | 13862.59 | 14261.29 |
| 0.66 | 546.33 | 0.01 | 1.37 | 0.67 | 517.32 | 2153.24 | 6055.37 | 4.14 | 2.70 | 2149.04 | 6009.22 | 13840.60 | 14267.08 | 6.03 | 4.40 | 13861.20 | 14258.62 |
| 0.65 | 546.22 | 0.01 | 1.37 | 0.66 | 517.27 | 2153.53 | 6054.17 | 4.15 | 2.70 | 2149.41 | 6008.13 | 13838.65 | 14263.49 | 6.05 | 4.41 | 13859.36 | 14255.22 |
| 0.64 | 546.11 | 0.01 | 1.38 | 0.65 | 517.21 | 2153.82 | 6052.96 | 4.17 | 2.71 | 2149.78 | 6007.04 | 13837.28 | 14260.93 | 6.06 | 4.42 | 13858.11 | 14252.82 |
| 0.63 | 546.01 | 0.01 | 1.38 | 0.64 | 517.15 | 2154.11 | 6051.75 | 4.18 | 2.72 | 2150.15 | 6005.95 | 13835.86 | 14258.23 | 6.08 | 4.44 | 13856.80 | 14250.30 |
| 0.62 | 545.90 | 0.01 | 1.38 | 0.63 | 517.09 | 2154.39 | 6050.54 | 4.19 | 2.72 | 2150.51 | 6004.86 | 13834.40 | 14255.48 | 6.09 | 4.45 | 13855.46 | 14247.74 |
| 0.61 | 545.79 | 0.01 | 1.39 | 0.62 | 517.03 | 2154.68 | 6049.32 | 4.20 | 2.73 | 2150.87 | 6003.76 | 13832.91 | 14252.70 | 6.10 | 4.46 | 13854.09 | 14245.14 |
| 0.60 | 545.68 | 0.01 | 1.39 | 0.61 | 516.97 | 2154.97 | 6048.10 | 4.22 | 2.73 | 2151.24 | 6002.66 | 13831.41 | 14249.90 | 6.12 | 4.47 | 13852.70 | 14242.51 |
| 0.59 | 545.57 | 0.01 | 1.39 | 0.60 | 516.91 | 2155.26 | 6046.88 | 4.23 | 2.74 | 2151.61 | 6001.55 | 13829.88 | 14247.07 | 6.13 | 4.49 | 13851.29 | 14239.86 |
| 0.58 | 545.46 | 0.01 | 1.40 | 0.60 | 516.85 | 2155.54 | 6045.65 | 4.24 | 2.74 | 2151.97 | 6000.44 | 13828.33 | 14244.23 | 6.14 | 4.50 | 13849.86 | 14237.20 |
| 0.57 | 545.35 | 0.01 | 1.40 | 0.59 | 516.79 | 2155.82 | 6044.42 | 4.25 | 2.75 | 2152.32 | 5999.33 | 13826.77 | 14241.37 | 6.15 | 4.51 | 13848.41 | 14234.51 |
| 0.57 | 545.24 | 0.01 | 1.40 | 0.58 | 516.72 | 2156.10 | 6043.19 | 4.26 | 2.75 | 2152.68 | 5998.21 | 13825.19 | 14238.49 | 6.17 | 4.52 | 13846.95 | 14231.81 |
| 0.56 | 545.13 | 0.01 | 1.40 | 0.57 | 516.66 | 2156.38 | 6041.95 | 4.27 | 2.76 | 2153.04 | 5997.09 | 13823.60 | 14235.60 | 6.18 | 4.53 | 13845.47 | 14229.10 |
| 0.55 | 545.02 | 0.01 | 1.41 | 0.56 | 516.60 | 2156.66 | 6040.71 | 4.28 | 2.76 | 2153.40 | 5995.97 | 13822.01 | 14232.71 | 6.19 | 4.54 | 13843.99 | 14226.39 |
| 0.54 | 544.91 | 0.01 | 1.41 | 0.55 | 516.54 | 2156.94 | 6039.47 | 4.29 | 2.77 | 2153.76 | 5994.85 | 13820.40 | 14229.81 | 6.20 | 4.55 | 13842.50 | 14223.66 |
| 0.53 | 544.80 | 0.01 | 1.41 | 0.54 | 516.48 | 2157.22 | 6038.23 | 4.30 | 2.77 | 2154.12 | 5993.72 | 13818.79 | 14226.91 | 6.21 | 4.56 | 13841.00 | 14220.94 |
| 0.52 | 544.68 | 0.01 | 1.41 | 0.53 | 516.41 | 2157.50 | 6036.98 | 4.31 | 2.78 | 2154.48 | 5992.59 | 13817.17 | 14224.00 | 6.22 | 4.57 | 13839.49 | 14218.21 |
| 0.51 | 544.57 | 0.01 | 1.41 | 0.52 | 516.35 | 2157.79 | 6035.73 | 4.32 | 2.78 | 2154.83 | 5991.46 | 13815.54 | 14221.08 | 6.23 | 4.58 | 13837.97 | 14215.47 |
| 0.50 | 544.46 | 0.01 | 1.42 | 0.51 | 516.29 | 2158.07 | 6034.48 | 4.33 | 2.78 | 2155.19 | 5990.33 | 13813.91 | 14218.17 | 6.24 | 4.59 | 13836.45 | 14212.74 |
| 0.49 | 544.35 | 0.01 | 1.42 | 0.50 | 516.22 | 2158.35 | 6033.23 | 4.34 | 2.79 | 2155.55 | 5989.19 | 13812.22 | 14215.23 | 6.24 | 4.59 | 13834.88 | 14209.97 |
| 0.48 | 544.24 | 0.01 | 1.42 | 0.49 | 516.16 | 2158.63 | 6031.97 | 4.34 | 2.79 | 2155.90 | 5988.05 | 13810.57 | 14212.31 | 6.25 | 4.60 | 13833.34 | 14207.23 |
| 0.47 | 544.13 | 0.01 | 1.42 | 0.48 | 516.09 | 2158.91 | 6030.71 | 4.35 | 2.79 | 2156.26 | 5986.91 | 13808.92 | 14209.39 | 6.26 | 4.61 | 13831.80 | 14204.49 |
| 0.46 | 544.01 | 0.01 | 1.42 | 0.47 | 516.02 | 2159.19 | 6029.45 | 4.36 | 2.80 | 2156.61 | 5985.76 | 13807.24 | 14206.43 | 6.27 | 4.62 | 13830.23 | 14201.71 |
| 0.45 | 543.90 | 0.01 | 1.42 | 0.46 | 515.96 | 2159.47 | 6028.19 | 4.37 | 2.80 | 2156.96 | 5984.61 | 13805.58 | 14203.52 | 6.27 | 4.63 | 13828.68 | 14198.97 |
| 0.44 | 543.79 | 0.02 | 1.43 | 0.45 | 515.89 | 2159.74 | 6026.92 | 4.37 | 2.80 | 2157.31 | 5983.46 | 13803.91 | 14200.60 | 6.28 | 4.63 | 13827.12 | 14196.23 |
| 0.43 | 543.67 | 0.02 | 1.43 | 0.44 | 515.82 | 2160.01 | 6025.64 | 4.38 | 2.80 | 2157.65 | 5982.30 | 13802.28 | 14197.69 | 6.29 | 4.64 | 13825.60 | 14193.50 |
| 0.42 | 543.56 | 0.02 | 1.43 | 0.43 | 515.75 | 2160.28 | 6024.36 | 4.38 | 2.81 | 2157.99 | 5981.14 | 13800.60 | 14194.76 | 6.29 | 4.65 | 13824.03 | 14190.74 |
| 0.41 | 543.45 | 0.02 | 1.43 | 0.42 | 515.68 | 2160.54 | 6023.08 | 4.39 | 2.81 | 2158.32 | 5979.98 | 13798.86 | 14191.81 | 6.30 | 4.65 | 13822.40 | 14187.97 |
| 0.40 | 543.33 | 0.02 | 1.43 | 0.41 | 515.61 | 2160.81 | 6021.80 | 4.40 | 2.81 | 2158.66 | 5978.81 | 13797.17 | 14188.88 | 6.30 | 4.66 | 13820.82 | 14185.21 |
| 0.39 | 543.22 | 0.02 | 1.43 | 0.40 | 515.54 | 2161.07 | 6020.51 | 4.40 | 2.81 | 2158.99 | 5977.63 | 13795.47 | 14185.94 | 6.31 | 4.67 | 13819.23 | 14182.45 |
| 0.38 | 543.10 | 0.02 | 1.43 | 0.39 | 515.47 | 2161.34 | 6019.23 | 4.41 | 2.81 | 2159.33 | 5976.46 | 13793.76 | 14183.00 | 6.31 | 4.67 | 13817.62 | 14179.69 |
| 0.37 | 542.99 | 0.02 | 1.43 | 0.38 | 515.40 | 2161.60 | 6017.94 | 4.41 | 2.82 | 2159.66 | 5975.29 | 13792.09 | 14180.08 | 6.31 | 4.68 | 13816.06 | 14176.95 |
| 0.36 | 542.87 | 0.02 | 1.43 | 0.37 | 515.33 | 2161.86 | 6016.64 | 4.42 | 2.82 | 2159.98 | 5974.10 | 13790.22 | 14176.91 | 6.32 | 4.68 | 13814.30 | 14173.95 |
| 0.35 | 542.76 | 0.02 | 1.43 | 0.36 | 515.26 | 2162.12 | 6015.34 | 4.42 | 2.82 | 2160.32 | 5972.92 | 13788.62 | 14174.21 | 6.32 | 4.69 | 13812.81 | 14171.43 |
| 0.34 | 542.64 | 0.02 | 1.43 | 0.35 | 515.19 | 2162.38 | 6014.04 | 4.42 | 2.82 | 2160.64 | 5971.74 | 13786.96 | 14171.38 | 6.32 | 4.70 | 13811.25 | 14168.77 |
| 0.33 | 542.52 | 0.02 | 1.43 | 0.34 | 515.11 | 2162.63 | 6012.75 | 4.43 | 2.82 | 2160.96 | 5970.56 | 13785.26 | 14168.49 | 6.32 | 4.70 | 13809.65 | 14166.06 |
| 0.32 | 542.40 | 0.02 | 1.43 | 0.33 | 515.04 | 2162.89 | 6011.45 | 4.43 | 2.82 | 2161.29 | 5969.37 | 13783.51 | 14165.58 | 6.32 | 4.70 | 13808.02 | 14163.30 |
| 0.31 | 542.29 | 0.02 | 1.43 | 0.32 | 514.97 | 2163.14 | 6010.14 | 4.43 | 2.82 | 2161.60 | 5968.18 | 13781.75 | 14162.64 | 6.33 | 4.71 | 13806.36 | 14160.52 |
| 0.29 | 542.17 | 0.02 | 1.43 | 0.31 | 514.90 | 2163.39 | 6008.84 | 4.43 | 2.82 | 2161.92 | 5966.99 | 13779.97 | 14159.68 | 6.33 | 4.71 | 13804.68 | 14157.72 |
| 0.29 | 542.06 | 0.02 | 1.43 | 0.30 | 514.84 | 2163.64 | 6007.53 | 4.44 | 2.82 | 2162.23 | 5965.79 | 13778.17 | 14156.70 | 6.33 | 4.71 | 13802.98 | 14154.90 |
| 0.28 | 541.94 | 0.02 | 1.42 | 0.29 | 514.77 | 2163.89 | 6006.22 | 4.44 | 2.82 | 2162.54 | 5964.59 | 13776.36 | 14153.70 | 6.33 | 4.71 | 13801.27 | 14152.07 |
| 0.27 | 541.83 | 0.02 | 1.42 | 0.28 | 514.70 | 2164.13 | 6004.90 | 4.44 | 2.82 | 2162.85 | 5963.39 | 13774.53 | 14150.69 | 6.33 | 4.72 | 13799.55 | 14149.23 |
| 0.26 | 541.71 | 0.02 | 1.42 | 0.27 | 514.63 | 2164.37 | 6003.59 | 4.44 | 2.82 | 2163.15 | 5962.19 | 13772.43 | 14147.25 | 6.33 | 4.72 | 13797.55 | 14145.96 |
| 0.25 | 541.60 | 0.02 | 1.42 | 0.26 | 514.57 | 2164.61 | 6002.27 | 4.44 | 2.82 | 2163.45 | 5960.98 | 13770.71 | 14144.46 | 6.32 | 4.72 | 13795.93 | 14143.35 |
| 0.23 | 541.49 | 0.02 | 1.42 | 0.25 | 514.50 | 2164.84 | 6000.95 | 4.44 | 2.82 | 2163.75 | 5959.77 | 13768.95 | 14141.56 | 6.32 | 4.72 | 13794.27 | 14140.62 |
| 0.22 | 541.37 | 0.02 | 1.42 | 0.24 | 514.43 | 2165.08 | 5999.63 | 4.44 | 2.82 | 2164.04 | 5958.56 | 13767.16 | 14138.63 | 6.32 | 4.72 | 13792.58 | 14137.85 |
| 0.21 | 541.25 | 0.02 | 1.41 | 0.23 | 514.36 | 2165.31 | 5998.30</ | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|--------|------|------|-------|--------|---------|-----------|------|------|---------|---------|----------|----------|------|------|----------|----------|
| 0.08 | 539.71 | 0.02 | 1.38 | 0.09 | 513.40 | 2168.15 | 5980.89 | 4.40 | 2.79 | 2167.90 | 5941.32 | 13740.51 | 14096.25 | 6.25 | 4.71 | 13767.28 | 14097.72 |
| 0.07 | 539.59 | 0.02 | 1.38 | 0.08 | 513.32 | 2168.35 | 5979.55 | 4.40 | 2.78 | 2168.15 | 5940.08 | 13738.56 | 14093.23 | 6.24 | 4.70 | 13765.43 | 14094.86 |
| 0.05 | 539.47 | 0.02 | 1.37 | 0.06 | 513.25 | 2168.55 | 5978.20 | 4.39 | 2.78 | 2168.40 | 5938.83 | 13736.60 | 14090.19 | 6.23 | 4.70 | 13763.56 | 14091.99 |
| 0.04 | 539.36 | 0.02 | 1.37 | 0.05 | 513.18 | 2168.75 | 5976.84 | 4.38 | 2.78 | 2168.65 | 5937.59 | 13734.60 | 14087.14 | 6.22 | 4.69 | 13761.66 | 14089.10 |
| 0.03 | 539.24 | 0.01 | 1.37 | 0.04 | 513.10 | 2168.95 | 5975.49 | 4.38 | 2.77 | 2168.90 | 5936.34 | 13732.62 | 14084.10 | 6.21 | 4.69 | 13759.76 | 14086.22 |
| 0.02 | 539.13 | 0.01 | 1.36 | 0.03 | 513.03 | 2169.14 | 5974.14 | 4.37 | 2.77 | 2169.14 | 5935.09 | 13730.65 | 14081.06 | 6.20 | 4.69 | 13757.88 | 14083.34 |
| 0.01 | 539.01 | 0.01 | 1.36 | 0.02 | 512.95 | 2169.34 | 5972.78 | 4.36 | 2.76 | 2169.39 | 5933.83 | 13728.67 | 14078.01 | 6.19 | 4.68 | 13755.99 | 14080.46 |
| -0.01 | 538.88 | 0.01 | 1.35 | 0.01 | 512.87 | 2169.53 | 5971.42 | 4.36 | 2.76 | 2169.62 | 5932.58 | 13726.68 | 14074.96 | 6.18 | 4.67 | 13754.09 | 14077.57 |
| -0.02 | 538.76 | 0.01 | 1.35 | -0.01 | 512.79 | 2169.71 | 5970.06 | 4.35 | 2.75 | 2169.86 | 5931.32 | 13724.68 | 14071.90 | 6.17 | 4.67 | 13752.18 | 14074.67 |
| -0.03 | 538.64 | 0.01 | 1.35 | -0.02 | 512.71 | 2169.90 | 5968.71 | 4.34 | 2.75 | 2170.09 | 5930.06 | 13722.67 | 14068.84 | 6.16 | 4.66 | 13750.26 | 14071.77 |
| -0.04 | 538.52 | 0.01 | 1.34 | -0.03 | 512.63 | 2170.08 | 5967.34 | 4.33 | 2.74 | 2170.32 | 5928.80 | 13720.65 | 14065.78 | 6.15 | 4.66 | 13748.32 | 14068.86 |
| -0.05 | 538.40 | 0.01 | 1.34 | -0.04 | 512.55 | 2170.26 | 5965.98 | 4.32 | 2.74 | 2170.54 | 5927.54 | 13718.62 | 14062.72 | 6.13 | 4.65 | 13746.38 | 14065.95 |
| -0.06 | 538.28 | 0.01 | 1.33 | -0.05 | 512.47 | 2170.44 | 5964.62 | 4.31 | 2.73 | 2170.76 | 5926.28 | 13716.58 | 14059.65 | 6.12 | 4.64 | 13744.43 | 14063.03 |
| -0.07 | 538.16 | 0.01 | 1.33 | -0.06 | 512.40 | 2170.61 | 5963.26 | 4.30 | 2.73 | 2170.99 | 5925.02 | 13714.53 | 14056.61 | 6.11 | 4.64 | 13742.46 | 14060.15 |
| -0.08 | 538.04 | 0.01 | 1.32 | -0.07 | 512.32 | 2170.79 | 5961.89 | 4.29 | 2.72 | 2171.21 | 5923.75 | 13712.60 | 14053.73 | 6.10 | 4.64 | 13740.63 | 14057.42 |
| -0.10 | 537.92 | 0.01 | 1.32 | -0.09 | 512.24 | 2170.96 | 5960.52 | 4.28 | 2.72 | 2171.42 | 5922.48 | 13710.61 | 14050.75 | 6.08 | 4.63 | 13738.72 | 14054.60 |
| -0.11 | 537.80 | 0.01 | 1.31 | -0.10 | 512.16 | 2171.13 | 5959.16 | 4.27 | 2.71 | 2171.63 | 5921.21 | 13708.56 | 14047.70 | 6.07 | 4.62 | 13736.75 | 14051.69 |
| -0.12 | 537.68 | 0.01 | 1.31 | -0.11 | 512.09 | 2171.30 | 5957.79 | 4.26 | 2.71 | 2171.84 | 5919.95 | 13706.48 | 14044.61 | 6.05 | 4.61 | 13734.75 | 14048.74 |
| -0.13 | 537.56 | 0.01 | 1.30 | -0.12 | 512.01 | 2171.46 | 5956.42 | 4.25 | 2.70 | 2172.05 | 5918.68 | 13704.37 | 14041.50 | 6.04 | 4.61 | 13732.73 | 14045.77 |
| -0.14 | 537.43 | 0.01 | 1.30 | -0.13 | 511.93 | 2171.62 | 5955.05 | 4.24 | 2.69 | 2172.25 | 5917.41 | 13702.25 | 14038.38 | 6.02 | 4.60 | 13730.69 | 14042.79 |
| -0.15 | 537.31 | 0.01 | 1.29 | -0.14 | 511.85 | 2171.78 | 5953.68 | 4.23 | 2.69 | 2172.45 | 5916.13 | 13700.11 | 14035.26 | 6.01 | 4.59 | 13728.64 | 14039.81 |
| -0.17 | 537.20 | 0.01 | 1.29 | -0.16 | 511.78 | 2171.94 | 5952.31 | 4.22 | 2.68 | 2172.65 | 5914.86 | 13697.97 | 14032.13 | 5.99 | 4.58 | 13726.58 | 14036.83 |
| -0.18 | 537.08 | 0.01 | 1.28 | -0.17 | 511.70 | 2172.09 | 5950.94 | 4.20 | 2.67 | 2172.84 | 5913.59 | 13695.83 | 14029.00 | 5.98 | 4.57 | 13724.52 | 14033.84 |
| -0.19 | 536.97 | 0.01 | 1.28 | -0.18 | 511.63 | 2172.24 | 5949.57 | 4.19 | 2.67 | 2173.03 | 5912.31 | 13693.61 | 14025.85 | 5.96 | 4.55 | 13722.38 | 14030.83 |
| -0.20 | 536.85 | 0.01 | 1.27 | -0.19 | 511.55 | 2172.38 | 5948.20 | 4.18 | 2.66 | 2173.22 | 5911.03 | 13691.45 | 14022.71 | 5.94 | 4.54 | 13720.29 | 14027.86 |
| -0.21 | 536.74 | 0.01 | 1.27 | -0.20 | 511.47 | 2172.53 | 5946.82 | 4.16 | 2.65 | 2173.41 | 5909.76 | 13689.31 | 14019.60 | 5.93 | 4.53 | 13718.23 | 14024.89 |
| -0.22 | 536.62 | 0.01 | 1.26 | -0.21 | 511.39 | 2172.67 | 5945.45 | 4.15 | 2.65 | 2173.59 | 5908.48 | 13687.15 | 14016.47 | 5.91 | 4.52 | 13716.15 | 14021.92 |
| -0.24 | 536.50 | 0.01 | 1.26 | -0.23 | 511.31 | 2172.81 | 5944.07 | 4.14 | 2.64 | 2173.76 | 5907.20 | 13684.99 | 14013.35 | 5.89 | 4.51 | 13714.07 | 14018.94 |
| -0.25 | 536.38 | 0.01 | 1.25 | -0.24 | 511.23 | 2172.94 | 5942.70 | 4.12 | 2.63 | 2173.94 | 5905.92 | 13682.82 | 14010.22 | 5.87 | 4.50 | 13711.98 | 14015.96 |
| -0.26 | 536.26 | 0.01 | 1.25 | -0.25 | 511.15 | 2173.08 | 5941.32 | 4.11 | 2.62 | 2174.11 | 5904.63 | 13680.64 | 14007.10 | 5.85 | 4.49 | 13709.87 | 14012.98 |
| -0.27 | 536.14 | 0.01 | 1.24 | -0.26 | 511.06 | 2173.21 | 5939.95 | 4.09 | 2.61 | 2174.28 | 5903.35 | 13678.45 | 14003.98 | 5.83 | 4.48 | 13707.76 | 14009.99 |
| -0.28 | 536.02 | 0.01 | 1.23 | -0.27 | 510.98 | 2173.34 | 5938.57 | 4.08 | 2.61 | 2174.45 | 5902.07 | 13676.26 | 14000.85 | 5.82 | 4.46 | 13705.64 | 14007.01 |
| -0.29 | 535.90 | 0.01 | 1.23 | -0.28 | 510.90 | 2173.47 | 5937.19 | 4.06 | 2.60 | 2174.61 | 5900.78 | 13674.05 | 13997.73 | 5.80 | 4.45 | 13703.52 | 14004.02 |
| -0.31 | 535.78 | 0.01 | 1.22 | -0.30 | 510.81 | 2173.59 | 5935.81 | 4.05 | 2.59 | 2174.77 | 5899.50 | 13671.81 | 13994.59 | 5.78 | 4.44 | 13701.35 | 14001.01 |
| -0.32 | 535.66 | 0.01 | 1.22 | -0.31 | 510.73 | 2173.70 | 5934.43 | 4.03 | 2.58 | 2174.92 | 5898.21 | 13669.59 | 13991.47 | 5.76 | 4.43 | 13699.19 | 13998.03 |
| -0.33 | 535.54 | 0.01 | 1.21 | -0.32 | 510.65 | 2173.82 | 5933.05 | 4.01 | 2.57 | 2175.07 | 5896.92 | 13667.38 | 13988.35 | 5.74 | 4.41 | 13697.06 | 13995.05 |
| -0.34 | 535.42 | 0.01 | 1.20 | -0.33 | 510.57 | 2173.93 | 5931.67 | 4.00 | 2.56 | 2175.22 | 5895.63 | 13665.16 | 13985.23 | 5.71 | 4.40 | 13694.91 | 13992.07 |
| -0.35 | 535.29 | 0.01 | 1.20 | -0.34 | 510.48 | 2174.04 | 5930.29 | 3.98 | 2.56 | 2175.37 | 5894.34 | 13662.93 | 13982.11 | 5.69 | 4.39 | 13692.75 | 13989.09 |
| -0.36 | 535.17 | 0.01 | 1.19 | -0.35 | 510.40 | 2174.14 | 5928.91 | 3.96 | 2.55 | 2175.51 | 5893.05 | 13660.69 | 13978.98 | 5.67 | 4.37 | 13690.59 | 13986.11 |
| -0.37 | 535.05 | 0.01 | 1.18 | -0.36 | 510.31 | 2174.24 | 5927.53 | 3.95 | 2.54 | 2175.65 | 5891.76 | 13658.44 | 13975.85 | 5.65 | 4.36 | 13688.41 | 13983.12 |
| -0.38 | 534.92 | 0.01 | 1.18 | -0.38 | 510.23 | 2174.35 | 5926.15 | 3.93 | 2.53 | 2175.78 | 5890.47 | 13656.19 | 13972.73 | 5.63 | 4.35 | 13686.22 | 13980.14 |
| -0.40 | 534.80 | 0.01 | 1.17 | -0.39 | 510.14 | 2174.44 | 5924.77 | 3.91 | 2.52 | 2175.91 | 5889.18 | 13653.91 | 13969.60 | 5.60 | 4.33 | 13684.02 | 13977.15 |
| -0.41 | 534.67 | 0.01 | 1.16 | -0.40 | 510.05 | 2174.54 | 5923.39 | 3.89 | 2.51 | 2176.04 | 5887.89 | 13651.64 | 13966.46 | 5.58 | 4.32 | 13681.82 | 13974.16 |
| -0.42 | 534.55 | 0.01 | 1.16 | -0.41 | 509.96 | 2174.63 | 5922.01 | 3.87 | 2.50 | 2176.17 | 5886.59 | 13649.36 | 13963.31 | 5.56 | 4.30 | 13679.60 | 13971.17 |
| -0.43 | 534.42 | 0.01 | 1.15 | -0.42 | 509.87 | 2174.72 | 5920.63 | 3.86 | 2.49 | 2176.29 | 5885.30 | 13647.14 | 13960.31 | 5.54 | 4.29 | 13677.46 | 13968.30 |
| -0.44 | 534.30 | 0.01 | 1.14 | -0.43 | 509.79 | 2174.80 | 5919.25 | 3.84 | 2.48 | 2176.41 | 5884.01 | 13644.88 | 13957.24 | 5.51 | 4.28 | 13675.27 | 13965.35 |
| -0.45 | 534.17 | 0.01 | 1.14 | -0.44 | 509.70 | 2174.89 | 5917.87 | 3.82 | 2.47 | 2176.53 | 5882.72 | 13642.58 | 13954.11 | 5.49 | 4.26 | 13673.03 | 13962.34 |
| -0.46 | 534.05 | 0.01 | 1.13 | -0.46 | 509.61 | 2174.97 | 5916.49 | 3.80 | 2.46 | 2176.64 | 5881.42 | 13640.25 | 13950.96 | 5.46 | 4.24 | 13670.77 | 13959.31 |
| -0.48 | 533.92 | 0.01 | 1.12 | -0.47 | 509.53 | 2175.04 | 5915.11 | 3.78 | 2.45 | 2176.76 | 5880.13 | 13637.90 | 13947.79 | 5.44 | 4.23 | 13668.48 | 13956.26 |
| -0.49 | 533.80 | 0.01 | 1.11 | -0.48 | 509.44 | 2175.12 | 5913.73 | 3.76 | 2.44 | 2176.87 | 5878.83 | 13635.55 | 13944.62 | 5.42 | 4.21 | 13666.20 | 13953.21 |
| -0.50 | 533.67 | 0.01 | 1.11 | -0.49 | 509.35 | 2175.19 | 5912.35 | 3.74 | 2.43 | 2176.98 | 5877.54 | 13633.19 | 13941.44 | 5.39 | 4.19 | 13663.90 | 13950.17 |
| -0.51 | 533.55 | 0.01 | 1.10 | -0.50 | 509.26 | 2175.26 | 5910.97 | 3.72 | 2.42 | 2177.08 | 5876.25 | 13630.83 | 13938.27 | 5.37 | 4.17 | 13661.60 | 13947.12 |
| -0.52 | 533.42 | 0.01 | 1.09 | -0.51 | 509.17 | 2175.33 | 5909.59 | 3.70 | 2.41 | 2177.19 | 5874.96 | 13628.45 | 13935.10 | 5.34 | 4.16 | 13659.29 | 13944.08 |
| -0.54 | 533.29 | 0.01 | 1.09 | -0.53 | 509.08 | 2175.40 | 5908.21 | 3.68 | 2.40 | 2177.29 | 5873.66 | 13626.05 | 13931.94 | 5.31 | 4.14 | 13656.95 | 13941.04 |
| -0.55 | 533.17 | 0.01 | 1.08 | -0.54 | 508.99 | 2175.45 | 5906.83 | 3.65 | 2.39 | 2177.37 | 5872.36 | 13623.67 | 13928.78 | 5.29 | 4.12 | 13654.63 | 13938.01 |
| -0.56 | 533.04 | 0.01 | 1.07 | -0.55 | 508.90 | 2175.51 | 5905.45 | 3.63 | 2.38 | 2177.46 | 5871.07 | 13621.31 | 13925.63 | 5.26 | 4.10 | 13652.32 | 13934.99 |
| -0.57 | 532.91 | 0.01 | 1.06 | -0.56 | 508.81 | 2175.56 | 5904.07 | 3.61 | 2.37 | 2177.54 | 5869.77 | 13618.94 | 13922.47 | 5.24 | 4.09 | 13650.01 | 13931.97 |
| -0.58 | 532.79 | 0.01 | 1.06 | -0.57 | 508.72 | 2175.60 | 5902.69 | 3.59 | 2.36 | 2177.62 | 5868.48 | 13616.55 | 13919.32 | 5.21 | 4.07 | 13647.69 | 13928.94 |
| -0.59 | 532.66 | 0.01 | 1.05 | -0.59 | 508.63 | 2175.65 | 5901.31 | 3.57 | 2.34 | 2177.69 | 5867.18 | 13614.17 | 13916.17 | 5.18 | 4.05 | 13645.36 | 13925.92 |
| -0.61 | 532.54 | 0.01 | 1.04 | -0.60 | 508.54 | 2175.69 | 5899.94 | 3.55 | 2.33 | 2177.76 | 5865.88 | 13611.77 | 13913.02 | 5.15 | 4.03 | 13643.03 | 13922.90 |
| -0.62 | 532.41 | 0.01 | 1.03 | -0.61 | 508.45 | 2175.72 | 5898.56 | 3.53 | 2.32 | 2177.83 | 5864.59 | 13609.37 | 13909.87 | 5.13 | 4.01 | 13640.68 | 13919.87 |
| -0.63 | 532.28 | 0.01 | 1.03 | -0.62 | 508.35 | 2175.76 | 5897.18 | 3.50 | 2.31 | 2177.90 | 5863.29 | 13606.96 | 13906.73 | 5.10 | 3.99 | 13638.33 | 13916.85 |
| -0.64 | 532.16 | 0.01 | 1.02 | -0.63 | 508.26 | 2175.80 | 5895.80</ | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|--------|------|------|-------|--------|---------|---------|------|------|---------|---------|----------|----------|------|------|----------|----------|
| -0.79 | 530.51 | 0.01 | 0.92 | -0.79 | 507.07 | 2175.93 | 5877.94 | 3.18 | 2.14 | 2178.46 | 5845.13 | 13572.54 | 13862.74 | 4.70 | 3.72 | 13604.66 | 13874.44 |
| -0.81 | 530.38 | 0.01 | 0.91 | -0.80 | 506.97 | 2175.91 | 5876.57 | 3.16 | 2.13 | 2178.47 | 5843.83 | 13570.05 | 13859.64 | 4.67 | 3.70 | 13602.22 | 13871.45 |
| -0.82 | 530.26 | 0.01 | 0.90 | -0.81 | 506.88 | 2175.89 | 5875.20 | 3.13 | 2.12 | 2178.47 | 5842.54 | 13567.55 | 13856.54 | 4.64 | 3.67 | 13599.77 | 13868.45 |
| -0.83 | 530.13 | 0.01 | 0.89 | -0.83 | 506.79 | 2175.86 | 5873.83 | 3.11 | 2.11 | 2178.47 | 5841.24 | 13565.04 | 13853.42 | 4.61 | 3.65 | 13597.31 | 13865.43 |
| -0.84 | 530.00 | 0.01 | 0.88 | -0.84 | 506.70 | 2175.84 | 5872.46 | 3.08 | 2.09 | 2178.47 | 5839.94 | 13562.53 | 13850.31 | 4.58 | 3.63 | 13594.84 | 13862.43 |
| -0.86 | 529.87 | 0.01 | 0.88 | -0.85 | 506.60 | 2175.80 | 5871.09 | 3.06 | 2.08 | 2178.46 | 5838.65 | 13560.01 | 13847.19 | 4.54 | 3.61 | 13592.37 | 13859.42 |
| -0.87 | 529.75 | 0.01 | 0.87 | -0.86 | 506.51 | 2175.77 | 5869.72 | 3.03 | 2.07 | 2178.45 | 5837.35 | 13557.49 | 13844.09 | 4.51 | 3.59 | 13589.89 | 13856.42 |
| -0.88 | 529.62 | 0.01 | 0.86 | -0.87 | 506.42 | 2175.73 | 5868.36 | 3.01 | 2.06 | 2178.43 | 5836.05 | 13554.96 | 13840.98 | 4.48 | 3.57 | 13587.41 | 13853.41 |
| -0.89 | 529.50 | 0.01 | 0.85 | -0.89 | 506.33 | 2175.69 | 5866.99 | 2.99 | 2.04 | 2178.42 | 5834.76 | 13552.38 | 13837.87 | 4.45 | 3.54 | 13584.88 | 13850.40 |
| -0.90 | 529.37 | 0.01 | 0.84 | -0.90 | 506.24 | 2175.64 | 5865.63 | 2.96 | 2.03 | 2178.39 | 5833.46 | 13549.83 | 13834.76 | 4.42 | 3.52 | 13582.37 | 13847.40 |
| -0.92 | 529.24 | 0.01 | 0.84 | -0.91 | 506.15 | 2175.60 | 5864.26 | 2.94 | 2.02 | 2178.37 | 5832.17 | 13547.30 | 13831.66 | 4.39 | 3.50 | 13579.88 | 13844.41 |
| -0.93 | 529.12 | 0.01 | 0.83 | -0.92 | 506.05 | 2175.55 | 5862.90 | 2.91 | 2.01 | 2178.35 | 5830.87 | 13544.77 | 13828.56 | 4.36 | 3.48 | 13577.39 | 13841.41 |
| -0.94 | 528.99 | 0.01 | 0.82 | -0.93 | 505.96 | 2175.49 | 5861.54 | 2.89 | 1.99 | 2178.31 | 5829.58 | 13542.22 | 13825.47 | 4.33 | 3.46 | 13574.88 | 13838.42 |
| -0.95 | 528.87 | 0.01 | 0.81 | -0.95 | 505.87 | 2175.44 | 5860.18 | 2.86 | 1.98 | 2178.28 | 5828.29 | 13539.67 | 13822.37 | 4.30 | 3.43 | 13572.37 | 13835.42 |
| -0.96 | 528.74 | 0.01 | 0.80 | -0.96 | 505.77 | 2175.37 | 5858.82 | 2.84 | 1.97 | 2178.24 | 5826.99 | 13537.10 | 13819.29 | 4.27 | 3.41 | 13569.85 | 13832.43 |
| -0.98 | 528.62 | 0.01 | 0.80 | -0.97 | 505.68 | 2175.31 | 5857.46 | 2.81 | 1.95 | 2178.19 | 5825.70 | 13534.54 | 13816.19 | 4.24 | 3.39 | 13567.33 | 13829.44 |
| -0.99 | 528.50 | 0.01 | 0.79 | -0.98 | 505.59 | 2175.23 | 5856.10 | 2.79 | 1.94 | 2178.14 | 5824.41 | 13531.96 | 13813.11 | 4.21 | 3.37 | 13564.80 | 13826.45 |
| -1.00 | 528.38 | 0.01 | 0.78 | -1.00 | 505.49 | 2175.16 | 5854.75 | 2.77 | 1.93 | 2178.09 | 5823.12 | 13529.38 | 13810.03 | 4.17 | 3.34 | 13562.26 | 13823.46 |
| -1.01 | 528.26 | 0.01 | 0.77 | -1.01 | 505.40 | 2175.08 | 5853.39 | 2.74 | 1.92 | 2178.03 | 5821.83 | 13526.67 | 13806.79 | 4.14 | 3.32 | 13559.58 | 13820.31 |
| -1.03 | 528.13 | 0.01 | 0.76 | -1.02 | 505.30 | 2174.99 | 5852.04 | 2.72 | 1.90 | 2177.97 | 5820.54 | 13524.14 | 13803.80 | 4.11 | 3.30 | 13557.08 | 13817.42 |
| -1.04 | 528.01 | 0.01 | 0.76 | -1.03 | 505.21 | 2174.90 | 5850.68 | 2.69 | 1.89 | 2177.90 | 5819.25 | 13521.58 | 13800.78 | 4.08 | 3.28 | 13554.57 | 13814.48 |
| -1.05 | 527.89 | 0.01 | 0.75 | -1.04 | 505.11 | 2174.81 | 5849.33 | 2.67 | 1.88 | 2177.83 | 5817.96 | 13519.01 | 13797.73 | 4.05 | 3.26 | 13552.03 | 13811.52 |
| -1.06 | 527.76 | 0.01 | 0.74 | -1.06 | 505.01 | 2174.71 | 5847.98 | 2.64 | 1.86 | 2177.75 | 5816.67 | 13516.41 | 13794.69 | 4.02 | 3.23 | 13549.47 | 13808.56 |
| -1.07 | 527.64 | 0.01 | 0.73 | -1.07 | 504.92 | 2174.61 | 5846.63 | 2.62 | 1.85 | 2177.67 | 5815.39 | 13513.81 | 13791.63 | 3.99 | 3.21 | 13546.91 | 13805.59 |
| -1.09 | 527.52 | 0.01 | 0.73 | -1.08 | 504.82 | 2174.50 | 5845.28 | 2.60 | 1.84 | 2177.59 | 5814.10 | 13511.20 | 13788.58 | 3.96 | 3.19 | 13544.33 | 13802.62 |
| -1.10 | 527.40 | 0.01 | 0.72 | -1.09 | 504.72 | 2174.39 | 5843.94 | 2.57 | 1.83 | 2177.50 | 5812.82 | 13508.58 | 13785.52 | 3.93 | 3.16 | 13541.75 | 13799.65 |
| -1.11 | 527.28 | 0.01 | 0.71 | -1.11 | 504.63 | 2174.27 | 5842.59 | 2.55 | 1.81 | 2177.40 | 5811.53 | 13505.95 | 13782.48 | 3.89 | 3.14 | 13539.16 | 13796.69 |
| -1.12 | 527.16 | 0.01 | 0.70 | -1.12 | 504.54 | 2174.15 | 5841.25 | 2.52 | 1.80 | 2177.30 | 5810.25 | 13503.32 | 13779.42 | 3.86 | 3.12 | 13536.57 | 13793.72 |
| -1.13 | 527.04 | 0.01 | 0.69 | -1.13 | 504.44 | 2174.03 | 5839.90 | 2.50 | 1.79 | 2177.20 | 5808.97 | 13500.68 | 13776.37 | 3.83 | 3.10 | 13533.96 | 13790.76 |
| -1.15 | 526.92 | 0.01 | 0.69 | -1.14 | 504.34 | 2173.90 | 5838.56 | 2.47 | 1.78 | 2177.09 | 5807.69 | 13498.04 | 13773.33 | 3.80 | 3.07 | 13531.35 | 13787.80 |
| -1.16 | 526.80 | 0.01 | 0.68 | -1.16 | 504.25 | 2173.77 | 5837.22 | 2.45 | 1.76 | 2176.98 | 5806.41 | 13495.39 | 13770.30 | 3.77 | 3.05 | 13528.74 | 13784.85 |
| -1.17 | 526.68 | 0.01 | 0.67 | -1.17 | 504.15 | 2173.63 | 5835.89 | 2.43 | 1.75 | 2176.86 | 5805.13 | 13492.74 | 13767.26 | 3.74 | 3.03 | 13526.12 | 13781.90 |
| -1.18 | 526.56 | 0.01 | 0.66 | -1.18 | 504.06 | 2173.49 | 5834.55 | 2.40 | 1.74 | 2176.74 | 5803.86 | 13490.08 | 13764.24 | 3.71 | 3.01 | 13523.50 | 13778.95 |
| -1.20 | 526.44 | 0.01 | 0.66 | -1.19 | 503.96 | 2173.34 | 5833.22 | 2.38 | 1.72 | 2176.61 | 5802.58 | 13487.43 | 13761.21 | 3.68 | 2.98 | 13520.87 | 13776.01 |
| -1.21 | 526.31 | 0.01 | 0.65 | -1.20 | 503.86 | 2173.19 | 5831.88 | 2.36 | 1.71 | 2176.48 | 5801.31 | 13484.76 | 13758.20 | 3.65 | 2.96 | 13518.24 | 13773.07 |
| -1.22 | 526.19 | 0.01 | 0.64 | -1.22 | 503.76 | 2173.04 | 5830.55 | 2.33 | 1.70 | 2176.34 | 5800.03 | 13482.09 | 13755.18 | 3.62 | 2.94 | 13515.60 | 13770.13 |
| -1.23 | 526.07 | 0.01 | 0.63 | -1.23 | 503.67 | 2172.88 | 5829.22 | 2.31 | 1.69 | 2176.20 | 5798.76 | 13479.41 | 13752.18 | 3.59 | 2.92 | 13512.96 | 13767.20 |
| -1.24 | 525.95 | 0.01 | 0.63 | -1.24 | 503.57 | 2172.71 | 5827.89 | 2.29 | 1.68 | 2176.06 | 5797.49 | 13476.74 | 13749.16 | 3.56 | 2.89 | 13510.31 | 13764.27 |
| -1.26 | 525.83 | 0.01 | 0.62 | -1.25 | 503.48 | 2172.55 | 5826.57 | 2.26 | 1.66 | 2175.91 | 5796.22 | 13474.06 | 13746.17 | 3.53 | 2.87 | 13507.66 | 13761.34 |
| -1.27 | 525.71 | 0.01 | 0.61 | -1.27 | 503.38 | 2172.37 | 5825.25 | 2.24 | 1.65 | 2175.75 | 5794.95 | 13471.37 | 13743.17 | 3.50 | 2.85 | 13505.01 | 13758.42 |
| -1.28 | 525.59 | 0.01 | 0.60 | -1.28 | 503.29 | 2172.19 | 5823.92 | 2.22 | 1.64 | 2175.59 | 5793.69 | 13468.68 | 13740.18 | 3.47 | 2.83 | 13502.34 | 13755.50 |
| -1.29 | 525.47 | 0.01 | 0.60 | -1.29 | 503.19 | 2172.01 | 5822.60 | 2.20 | 1.63 | 2175.43 | 5792.42 | 13465.98 | 13737.19 | 3.44 | 2.81 | 13499.68 | 13752.58 |
| -1.30 | 525.34 | 0.01 | 0.59 | -1.30 | 503.10 | 2171.82 | 5821.29 | 2.17 | 1.61 | 2175.26 | 5791.16 | 13463.28 | 13734.21 | 3.41 | 2.78 | 13497.00 | 13749.67 |
| -1.32 | 525.22 | 0.01 | 0.58 | -1.31 | 503.00 | 2171.63 | 5819.97 | 2.15 | 1.60 | 2175.09 | 5789.90 | 13460.58 | 13731.23 | 3.38 | 2.76 | 13494.33 | 13746.76 |
| -1.33 | 525.10 | 0.01 | 0.58 | -1.33 | 502.91 | 2171.44 | 5818.66 | 2.13 | 1.59 | 2174.91 | 5788.63 | 13457.87 | 13728.26 | 3.35 | 2.74 | 13491.64 | 13743.86 |
| -1.34 | 524.98 | 0.01 | 0.57 | -1.34 | 502.81 | 2171.24 | 5817.35 | 2.11 | 1.58 | 2174.73 | 5787.38 | 13455.16 | 13725.29 | 3.32 | 2.72 | 13488.96 | 13740.95 |
| -1.35 | 524.86 | 0.01 | 0.56 | -1.35 | 502.72 | 2171.03 | 5816.04 | 2.08 | 1.57 | 2174.54 | 5786.12 | 13452.44 | 13722.33 | 3.29 | 2.70 | 13486.27 | 13738.06 |
| -1.36 | 524.74 | 0.01 | 0.55 | -1.36 | 502.62 | 2170.82 | 5814.73 | 2.06 | 1.56 | 2174.34 | 5784.86 | 13449.72 | 13719.36 | 3.27 | 2.68 | 13483.57 | 13735.16 |
| -1.37 | 524.62 | 0.01 | 0.55 | -1.37 | 502.52 | 2170.60 | 5813.42 | 2.04 | 1.54 | 2174.15 | 5783.61 | 13446.99 | 13716.40 | 3.24 | 2.66 | 13480.87 | 13732.27 |
| -1.39 | 524.50 | 0.01 | 0.54 | -1.38 | 502.42 | 2170.39 | 5812.12 | 2.02 | 1.53 | 2173.94 | 5782.35 | 13444.25 | 13713.45 | 3.21 | 2.63 | 13478.16 | 13729.39 |
| -1.40 | 524.38 | 0.01 | 0.53 | -1.39 | 502.33 | 2170.16 | 5810.82 | 2.00 | 1.52 | 2173.74 | 5781.10 | 13441.51 | 13710.51 | 3.18 | 2.61 | 13475.44 | 13726.50 |
| -1.41 | 524.26 | 0.01 | 0.53 | -1.41 | 502.23 | 2169.93 | 5809.52 | 1.98 | 1.51 | 2173.52 | 5779.85 | 13438.77 | 13707.57 | 3.15 | 2.59 | 13472.73 | 13723.63 |
| -1.42 | 524.14 | 0.01 | 0.52 | -1.42 | 502.13 | 2169.70 | 5808.23 | 1.96 | 1.50 | 2173.31 | 5778.60 | 13436.03 | 13704.64 | 3.13 | 2.57 | 13470.01 | 13720.75 |
| -1.43 | 524.02 | 0.01 | 0.51 | -1.43 | 502.03 | 2169.46 | 5806.93 | 1.94 | 1.49 | 2173.09 | 5777.36 | 13433.28 | 13701.71 | 3.10 | 2.55 | 13467.28 | 13717.89 |
| -1.44 | 523.90 | 0.01 | 0.51 | -1.44 | 501.93 | 2169.22 | 5805.64 | 1.92 | 1.48 | 2172.86 | 5776.11 | 13430.52 | 13698.79 | 3.07 | 2.53 | 13464.55 | 13715.02 |
| -1.46 | 523.78 | 0.01 | 0.50 | -1.45 | 501.83 | 2168.97 | 5804.36 | 1.90 | 1.47 | 2172.63 | 5774.87 | 13427.77 | 13695.87 | 3.05 | 2.51 | 13461.82 | 13712.16 |
| -1.47 | 523.66 | 0.01 | 0.50 | -1.47 | 501.73 | 2168.72 | 5803.07 | 1.88 | 1.46 | 2172.40 | 5773.63 | 13425.00 | 13692.96 | 3.02 | 2.49 | 13459.08 | 13709.31 |
| -1.48 | 523.54 | 0.01 | 0.49 | -1.48 | 501.63 | 2168.47 | 5801.79 | 1.86 | 1.44 | 2172.16 | 5772.40 | 13422.24 | 13690.05 | 3.00 | 2.47 | 13456.33 | 13706.46 |
| -1.49 | 523.42 | 0.01 | 0.48 | -1.49 | 501.54 | 2168.21 | 5800.51 | 1.84 | 1.43 | 2171.92 | 5771.16 | 13419.42 | 13687.19 | 2.97 | 2.45 | 13453.54 | 13703.63 |
| -1.50 | 523.30 | 0.01 | 0.48 | -1.50 | 501.44 | 2167.94 | 5799.23 | 1.82 | 1.42 | 2171.67 | 5769.93 | 13416.68 | 13684.31 | 2.95 | 2.43 | 13450.81 | 13700.82 |
| -1.51 | 523.18 | 0.01 | 0.47 | -1.51 | 501.34 | 2167.68 | 5797.96 | 1.80 | 1.41 | 2171.42 | 5768.70 | 13413.93 | 13681.44 | 2.92 | 2.41 | 13448.08 | 13698.00 |
| -1.53 | 523.06 | 0.01 | 0.47 | -1.52 | 501.24 | 2167.40 | 5796.68 | 1.78 | 1.40 | 2171.16 | 5767.47 | 13411.16 | 13678.56 | 2.90 | 2.39 | 13445.34 | 13695.18 |
| -1.54 | 522.9 | | | | | | | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|--------|------|------|-------|--------|---------|-----------|------|------|---------|---------|----------|----------|------|------|----------|----------|
| -1.68 | 521.45 | 0.01 | 0.40 | -1.68 | 499.88 | 2163.09 | 5779.19 | 1.55 | 1.28 | 2167.08 | 5750.51 | 13371.79 | 13638.84 | 2.59 | 2.15 | 13406.23 | 13655.54 |
| -1.70 | 521.33 | 0.01 | 0.39 | -1.70 | 499.78 | 2162.74 | 5777.96 | 1.54 | 1.27 | 2166.75 | 5749.32 | 13368.95 | 13636.05 | 2.57 | 2.13 | 13403.41 | 13652.78 |
| -1.71 | 521.23 | 0.01 | 0.39 | -1.71 | 499.70 | 2162.40 | 5776.74 | 1.52 | 1.26 | 2166.42 | 5748.13 | 13366.10 | 13633.27 | 2.55 | 2.12 | 13400.58 | 13650.04 |
| -1.72 | 521.12 | 0.01 | 0.38 | -1.72 | 499.60 | 2162.05 | 5775.52 | 1.51 | 1.26 | 2166.08 | 5746.94 | 13363.18 | 13630.47 | 2.54 | 2.10 | 13397.67 | 13647.26 |
| -1.73 | 521.01 | 0.01 | 0.38 | -1.73 | 499.51 | 2161.69 | 5774.30 | 1.49 | 1.25 | 2165.74 | 5745.76 | 13360.34 | 13627.71 | 2.52 | 2.09 | 13394.84 | 13644.55 |
| -1.74 | 520.90 | 0.01 | 0.38 | -1.74 | 499.41 | 2161.33 | 5773.09 | 1.48 | 1.24 | 2165.40 | 5744.57 | 13357.53 | 13624.98 | 2.50 | 2.07 | 13392.05 | 13641.86 |
| -1.75 | 520.79 | 0.01 | 0.37 | -1.75 | 499.31 | 2160.96 | 5771.88 | 1.47 | 1.24 | 2165.05 | 5743.39 | 13354.69 | 13622.24 | 2.49 | 2.06 | 13389.22 | 13639.16 |
| -1.76 | 520.68 | 0.01 | 0.37 | -1.76 | 499.21 | 2160.59 | 5770.67 | 1.46 | 1.23 | 2164.69 | 5742.22 | 13351.83 | 13619.50 | 2.47 | 2.05 | 13386.38 | 13636.45 |
| -1.77 | 520.57 | 0.01 | 0.37 | -1.77 | 499.12 | 2160.22 | 5769.47 | 1.44 | 1.22 | 2164.33 | 5741.04 | 13348.97 | 13616.77 | 2.46 | 2.03 | 13383.54 | 13633.75 |
| -1.78 | 520.45 | 0.01 | 0.36 | -1.78 | 499.02 | 2159.84 | 5768.27 | 1.43 | 1.22 | 2163.97 | 5739.87 | 13346.10 | 13614.03 | 2.44 | 2.02 | 13380.69 | 13631.05 |
| -1.80 | 520.34 | 0.01 | 0.36 | -1.80 | 498.92 | 2159.46 | 5767.07 | 1.42 | 1.21 | 2163.60 | 5738.71 | 13343.23 | 13611.31 | 2.43 | 2.01 | 13377.83 | 13628.36 |
| -1.81 | 520.23 | 0.01 | 0.36 | -1.81 | 498.82 | 2159.07 | 5765.88 | 1.41 | 1.21 | 2163.23 | 5737.54 | 13340.35 | 13608.59 | 2.41 | 2.00 | 13374.97 | 13625.67 |
| -1.82 | 520.12 | 0.01 | 0.36 | -1.82 | 498.72 | 2158.68 | 5764.69 | 1.40 | 1.20 | 2162.85 | 5736.38 | 13337.47 | 13605.88 | 2.40 | 1.98 | 13372.10 | 13622.99 |
| -1.83 | 520.01 | 0.01 | 0.35 | -1.83 | 498.62 | 2158.28 | 5763.51 | 1.39 | 1.20 | 2162.47 | 5735.22 | 13334.52 | 13603.18 | 2.39 | 1.97 | 13369.17 | 13620.30 |
| -1.84 | 519.89 | 0.01 | 0.35 | -1.84 | 498.53 | 2157.88 | 5762.33 | 1.38 | 1.19 | 2162.08 | 5734.07 | 13331.66 | 13600.50 | 2.38 | 1.96 | 13366.31 | 13617.65 |
| -1.85 | 519.78 | 0.01 | 0.35 | -1.85 | 498.43 | 2157.48 | 5761.15 | 1.37 | 1.19 | 2161.69 | 5732.92 | 13328.80 | 13597.83 | 2.37 | 1.95 | 13363.47 | 13615.02 |
| -1.86 | 519.67 | 0.01 | 0.35 | -1.86 | 498.33 | 2157.07 | 5759.97 | 1.36 | 1.18 | 2161.29 | 5731.77 | 13325.93 | 13595.17 | 2.36 | 1.94 | 13360.62 | 13612.39 |
| -1.88 | 519.56 | 0.01 | 0.35 | -1.88 | 498.24 | 2156.66 | 5758.81 | 1.35 | 1.18 | 2160.90 | 5730.63 | 13323.05 | 13592.51 | 2.35 | 1.93 | 13357.74 | 13609.76 |
| -1.89 | 519.45 | 0.01 | 0.34 | -1.89 | 498.14 | 2156.24 | 5757.64 | 1.34 | 1.18 | 2160.49 | 5729.48 | 13320.15 | 13589.85 | 2.34 | 1.92 | 13354.86 | 13607.13 |
| -1.90 | 519.34 | 0.01 | 0.34 | -1.90 | 498.05 | 2155.82 | 5756.48 | 1.33 | 1.17 | 2160.08 | 5728.34 | 13317.25 | 13587.20 | 2.33 | 1.91 | 13351.98 | 13604.50 |
| -1.91 | 519.23 | 0.01 | 0.34 | -1.91 | 497.95 | 2155.39 | 5755.32 | 1.33 | 1.17 | 2159.67 | 5727.21 | 13314.35 | 13584.56 | 2.32 | 1.90 | 13349.09 | 13601.88 |
| -1.92 | 519.12 | 0.01 | 0.34 | -1.92 | 497.85 | 2154.96 | 5754.17 | 1.32 | 1.17 | 2159.25 | 5726.08 | 13311.44 | 13581.92 | 2.31 | 1.90 | 13346.19 | 13599.26 |
| -1.93 | 519.01 | 0.01 | 0.34 | -1.93 | 497.76 | 2154.52 | 5753.02 | 1.31 | 1.16 | 2158.83 | 5724.95 | 13308.52 | 13579.29 | 2.31 | 1.89 | 13343.30 | 13596.66 |
| -1.94 | 518.91 | 0.01 | 0.34 | -1.94 | 497.66 | 2154.08 | 5751.87 | 1.31 | 1.16 | 2158.40 | 5723.83 | 13305.57 | 13576.70 | 2.30 | 1.88 | 13340.36 | 13594.07 |
| -1.95 | 518.80 | 0.01 | 0.34 | -1.95 | 497.57 | 2153.64 | 5750.73 | 1.30 | 1.16 | 2157.97 | 5722.70 | 13302.67 | 13574.10 | 2.30 | 1.88 | 13337.47 | 13591.49 |
| -1.97 | 518.69 | 0.01 | 0.34 | -1.97 | 497.47 | 2153.19 | 5749.59 | 1.30 | 1.16 | 2157.53 | 5721.59 | 13299.78 | 13571.52 | 2.29 | 1.87 | 13334.60 | 13588.93 |
| -1.98 | 518.58 | 0.01 | 0.34 | -1.98 | 497.38 | 2152.74 | 5748.46 | 1.29 | 1.16 | 2157.09 | 5720.48 | 13296.88 | 13568.94 | 2.29 | 1.86 | 13331.71 | 13586.37 |
| -1.99 | 518.47 | 0.01 | 0.34 | -1.99 | 497.28 | 2152.28 | 5747.33 | 1.29 | 1.16 | 2156.65 | 5719.37 | 13293.97 | 13566.36 | 2.28 | 1.86 | 13328.81 | 13583.81 |
| -2.00 | 518.37 | 0.01 | 0.34 | -2.00 | 497.18 | 2151.82 | 5746.20 | 1.28 | 1.16 | 2156.20 | 5718.26 | 13291.04 | 13563.79 | 2.28 | 1.85 | 13325.90 | 13581.26 |
| -2.01 | 518.26 | 0.01 | 0.34 | -2.01 | 497.09 | 2151.35 | 5745.08 | 1.28 | 1.16 | 2155.74 | 5717.16 | 13288.12 | 13561.23 | 2.28 | 1.85 | 13322.99 | 13578.71 |
| -2.02 | 518.15 | 0.01 | 0.34 | -2.02 | 496.99 | 2150.88 | 5743.96 | 1.27 | 1.15 | 2155.28 | 5716.06 | 13285.19 | 13558.68 | 2.28 | 1.84 | 13320.07 | 13576.17 |
| -2.03 | 518.05 | 0.01 | 0.34 | -2.03 | 496.90 | 2150.41 | 5742.85 | 1.27 | 1.15 | 2154.82 | 5714.96 | 13282.26 | 13556.13 | 2.28 | 1.84 | 13317.16 | 13573.64 |
| -2.04 | 517.94 | 0.01 | 0.34 | -2.04 | 496.80 | 2149.93 | 5741.74 | 1.27 | 1.16 | 2154.35 | 5713.87 | 13279.32 | 13553.60 | 2.28 | 1.84 | 13314.23 | 13571.12 |
| -2.05 | 517.83 | 0.01 | 0.34 | -2.05 | 496.71 | 2149.44 | 5740.64 | 1.27 | 1.16 | 2153.88 | 5712.78 | 13276.39 | 13551.06 | 2.28 | 1.84 | 13311.31 | 13568.60 |
| -2.06 | 517.73 | 0.01 | 0.34 | -2.06 | 496.61 | 2148.95 | 5739.53 | 1.26 | 1.16 | 2153.40 | 5711.69 | 13273.45 | 13548.56 | 2.28 | 1.83 | 13308.39 | 13566.10 |
| -2.07 | 517.62 | 0.01 | 0.34 | -2.07 | 496.52 | 2148.46 | 5738.44 | 1.26 | 1.16 | 2152.92 | 5710.61 | 13270.51 | 13546.06 | 2.29 | 1.83 | 13305.46 | 13563.61 |
| -2.09 | 517.52 | 0.01 | 0.35 | -2.09 | 496.42 | 2147.96 | 5737.34 | 1.26 | 1.16 | 2152.43 | 5709.53 | 13267.56 | 13543.56 | 2.29 | 1.83 | 13302.53 | 13561.12 |
| -2.10 | 517.41 | 0.01 | 0.35 | -2.10 | 496.33 | 2147.46 | 5736.25 | 1.26 | 1.16 | 2151.94 | 5708.45 | 13264.62 | 13541.08 | 2.29 | 1.83 | 13299.60 | 13558.65 |
| -2.11 | 517.31 | 0.01 | 0.35 | -2.11 | 496.23 | 2146.96 | 5735.17 | 1.26 | 1.16 | 2151.45 | 5707.38 | 13261.67 | 13538.61 | 2.30 | 1.83 | 13296.67 | 13556.19 |
| -2.12 | 517.20 | 0.01 | 0.35 | -2.12 | 496.14 | 2146.45 | 5734.09 | 1.26 | 1.17 | 2150.95 | 5706.32 | 13258.73 | 13536.15 | 2.31 | 1.83 | 13293.74 | 13553.73 |
| -2.13 | 517.10 | 0.01 | 0.35 | -2.13 | 496.04 | 2145.93 | 5733.01 | 1.26 | 1.17 | 2150.44 | 5705.25 | 13255.78 | 13533.70 | 2.31 | 1.83 | 13290.80 | 13551.29 |
| -2.14 | 516.99 | 0.01 | 0.36 | -2.14 | 495.95 | 2145.41 | 5731.94 | 1.27 | 1.17 | 2149.93 | 5704.20 | 13252.83 | 13531.26 | 2.32 | 1.84 | 13287.86 | 13548.85 |
| -2.15 | 516.89 | 0.01 | 0.36 | -2.15 | 495.85 | 2144.89 | 5730.87 | 1.27 | 1.18 | 2149.42 | 5703.14 | 13249.88 | 13528.83 | 2.33 | 1.84 | 13284.92 | 13546.43 |
| -2.16 | 516.79 | 0.01 | 0.36 | -2.16 | 495.76 | 2144.36 | 5729.81 | 1.27 | 1.18 | 2148.90 | 5702.09 | 13246.87 | 13526.45 | 2.34 | 1.84 | 13281.93 | 13544.03 |
| -2.17 | 516.68 | 0.01 | 0.37 | -2.17 | 495.66 | 2143.83 | 5728.75 | 1.27 | 1.19 | 2148.37 | 5701.04 | 13243.94 | 13524.06 | 2.35 | 1.85 | 13279.00 | 13541.66 |
| -2.18 | 516.58 | 0.01 | 0.37 | -2.18 | 495.57 | 2143.30 | 5727.70 | 1.28 | 1.19 | 2147.85 | 5700.00 | 13241.01 | 13521.68 | 2.36 | 1.85 | 13276.08 | 13539.28 |
| -2.19 | 516.48 | 0.01 | 0.37 | -2.19 | 495.48 | 2142.76 | 5726.65 | 1.28 | 1.20 | 2147.31 | 5698.96 | 13238.07 | 13519.30 | 2.37 | 1.86 | 13273.15 | 13536.90 |
| -2.20 | 516.38 | 0.01 | 0.38 | -2.20 | 495.38 | 2142.21 | 5725.60 | 1.29 | 1.20 | 2146.77 | 5697.93 | 13235.12 | 13516.92 | 2.39 | 1.86 | 13270.21 | 13534.52 |
| -2.21 | 516.27 | 0.01 | 0.38 | -2.21 | 495.29 | 2141.66 | 5724.56 | 1.29 | 1.21 | 2146.23 | 5696.90 | 13232.16 | 13514.55 | 2.40 | 1.87 | 13267.26 | 13532.15 |
| -2.23 | 516.17 | 0.01 | 0.39 | -2.23 | 495.19 | 2141.11 | 5723.52 | 1.30 | 1.22 | 2145.68 | 5695.87 | 13229.20 | 13512.18 | 2.41 | 1.88 | 13264.31 | 13529.78 |
| -2.24 | 516.07 | 0.01 | 0.39 | -2.24 | 495.10 | 2140.55 | 5722.49 | 1.30 | 1.22 | 2145.13 | 5694.85 | 13226.23 | 13509.83 | 2.43 | 1.88 | 13261.36 | 13527.43 |
| -2.25 | 515.97 | 0.01 | 0.40 | -2.25 | 495.01 | 2139.99 | 5721.46 | 1.31 | 1.23 | 2144.58 | 5693.83 | 13223.26 | 13507.49 | 2.45 | 1.89 | 13258.40 | 13525.08 |
| -2.26 | 515.87 | 0.01 | 0.40 | -2.26 | 494.91 | 2139.42 | 5720.44 | 1.32 | 1.24 | 2144.02 | 5692.81 | 13220.29 | 13505.16 | 2.47 | 1.90 | 13255.44 | 13522.74 |
| -2.27 | 515.77 | 0.01 | 0.41 | -2.27 | 494.82 | 2138.85 | 5719.42 | 1.33 | 1.25 | 2143.45 | 5691.80 | 13217.28 | 13502.86 | 2.48 | 1.91 | 13252.45 | 13520.43 |
| -2.28 | 515.67 | 0.01 | 0.41 | -2.28 | 494.73 | 2138.28 | 5718.41 | 1.33 | 1.25 | 2142.88 | 5690.80 | 13214.31 | 13500.56 | 2.50 | 1.92 | 13249.48 | 13518.13 |
| -2.29 | 515.57 | 0.01 | 0.42 | -2.29 | 494.64 | 2137.70 | 5717.40 | 1.34 | 1.26 | 2142.31 | 5689.79 | 13211.35 | 13498.26 | 2.52 | 1.93 | 13246.53 | 13515.82 |
| -2.30 | 515.47 | 0.01 | 0.43 | -2.30 | 494.55 | 2137.12 | 5716.40 | 1.35 | 1.27 | 2141.73 | 5688.80 | 13208.38 | 13495.97 | 2.55 | 1.94 | 13243.58 | 13513.53 |
| -2.31 | 515.37 | 0.01 | 0.43 | -2.31 | 494.46 | 2136.53 | 5715.40 | 1.36 | 1.28 | 2141.15 | 5687.80 | 13205.41 | 13493.69 | 2.57 | 1.96 | 13240.62 | 13511.24 |
| -2.32 | 515.27 | 0.01 | 0.44 | -2.32 | 494.37 | 2135.94 | 5714.40 | 1.37 | 1.29 | 2140.56 | 5686.81 | 13202.43 | 13491.43 | 2.59 | 1.97 | 13237.65 | 13508.96 |
| -2.33 | 515.18 | 0.01 | 0.45 | -2.33 | 494.28 | 2135.34 | 5713.42 | 1.38 | 1.30 | 2139.97 | 5685.82 | 13199.44 | 13489.16 | 2.62 | 1.98 | 13234.68 | 13506.69 |
| -2.34 | 515.08 | 0.01 | 0.45 | -2.34 | 494.19 | 2134.74 | 5712.43 | 1.40 | 1.32 | 2139.38 | 5684.84 | 13196.45 | 13486.91 | 2.64 | 2.00 | 13231.70 | 13504.42 |
| -2.35 | 514.98 | 0.01 | 0.46 | -2.35 | 494.10 | 2134.13 | 5711.45 | 1.41 | 1.33 | 2138.78 | 5683.86 | 13193.45 | 13484.67 | 2.67 | 2.01 | 13228.72 | 13502.17 |
| -2.36 | 514.88 | 0.01 | 0.47 | -2.36 | 494.01 | 2133.52 | 5710.47</ | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|--------|------|------|-------|--------|---------|-----------|------|------|---------|---------|----------|----------|------|------|----------|----------|
| -2.49 | 513.64 | 0.01 | 0.59 | -2.48 | 492.86 | 2125.21 | 5698.22 | 1.64 | 1.54 | 2129.95 | 5670.60 | 13151.42 | 13454.60 | 3.16 | 2.30 | 13186.91 | 13471.85 |
| -2.50 | 513.55 | 0.01 | 0.61 | -2.49 | 492.77 | 2124.54 | 5697.32 | 1.66 | 1.56 | 2129.29 | 5669.68 | 13148.42 | 13452.54 | 3.20 | 2.33 | 13183.92 | 13469.77 |
| -2.51 | 513.46 | 0.01 | 0.62 | -2.50 | 492.69 | 2123.87 | 5696.41 | 1.69 | 1.58 | 2128.62 | 5668.77 | 13145.41 | 13450.48 | 3.25 | 2.35 | 13180.94 | 13467.70 |
| -2.52 | 513.37 | 0.01 | 0.63 | -2.51 | 492.60 | 2123.19 | 5695.52 | 1.71 | 1.60 | 2127.94 | 5667.87 | 13142.40 | 13448.44 | 3.29 | 2.38 | 13177.94 | 13465.64 |
| -2.52 | 513.28 | 0.01 | 0.64 | -2.52 | 492.51 | 2122.50 | 5694.62 | 1.73 | 1.62 | 2127.26 | 5666.97 | 13139.39 | 13446.41 | 3.34 | 2.41 | 13174.95 | 13463.59 |
| -2.53 | 513.19 | 0.01 | 0.66 | -2.53 | 492.43 | 2121.82 | 5693.73 | 1.76 | 1.64 | 2126.57 | 5666.07 | 13136.37 | 13444.39 | 3.39 | 2.44 | 13171.95 | 13461.55 |
| -2.54 | 513.10 | 0.01 | 0.67 | -2.54 | 492.34 | 2121.13 | 5692.85 | 1.78 | 1.66 | 2125.88 | 5665.18 | 13133.35 | 13442.38 | 3.44 | 2.47 | 13168.95 | 13459.52 |
| -2.55 | 513.01 | 0.01 | 0.68 | -2.55 | 492.26 | 2120.43 | 5691.97 | 1.81 | 1.68 | 2125.18 | 5664.30 | 13130.33 | 13440.39 | 3.49 | 2.51 | 13165.95 | 13457.50 |
| -2.56 | 512.92 | 0.01 | 0.70 | -2.56 | 492.17 | 2119.73 | 5691.10 | 1.83 | 1.70 | 2124.48 | 5663.42 | 13127.48 | 13438.76 | 3.54 | 2.54 | 13163.12 | 13455.83 |
| -2.57 | 512.83 | 0.01 | 0.71 | -2.57 | 492.09 | 2119.02 | 5690.23 | 1.86 | 1.73 | 2123.78 | 5662.54 | 13124.39 | 13436.70 | 3.59 | 2.57 | 13160.05 | 13453.72 |
| -2.58 | 512.74 | 0.01 | 0.72 | -2.58 | 492.00 | 2118.31 | 5689.37 | 1.89 | 1.75 | 2123.08 | 5661.67 | 13121.35 | 13434.69 | 3.65 | 2.61 | 13157.02 | 13451.66 |
| -2.59 | 512.65 | 0.01 | 0.74 | -2.59 | 491.92 | 2117.60 | 5688.51 | 1.91 | 1.77 | 2122.37 | 5660.80 | 13118.30 | 13432.69 | 3.70 | 2.64 | 13154.00 | 13449.63 |
| -2.60 | 512.56 | 0.01 | 0.75 | -2.60 | 491.84 | 2116.88 | 5687.66 | 1.94 | 1.80 | 2121.65 | 5659.94 | 13115.27 | 13430.72 | 3.76 | 2.68 | 13150.98 | 13447.62 |
| -2.61 | 512.47 | 0.01 | 0.77 | -2.61 | 491.75 | 2116.16 | 5686.81 | 1.97 | 1.82 | 2120.94 | 5659.08 | 13112.23 | 13428.77 | 3.82 | 2.72 | 13147.96 | 13445.63 |
| -2.62 | 512.39 | 0.01 | 0.78 | -2.62 | 491.67 | 2115.43 | 5685.97 | 2.00 | 1.85 | 2120.22 | 5658.23 | 13109.19 | 13426.84 | 3.88 | 2.75 | 13144.94 | 13443.66 |
| -2.63 | 512.30 | 0.01 | 0.80 | -2.62 | 491.59 | 2114.70 | 5685.14 | 2.03 | 1.87 | 2119.50 | 5657.39 | 13106.14 | 13424.92 | 3.94 | 2.79 | 13141.92 | 13441.71 |
| -2.64 | 512.21 | 0.01 | 0.82 | -2.63 | 491.50 | 2113.97 | 5684.31 | 2.07 | 1.90 | 2118.77 | 5656.55 | 13103.10 | 13423.01 | 4.00 | 2.83 | 13138.90 | 13439.77 |
| -2.65 | 512.13 | 0.01 | 0.83 | -2.64 | 491.42 | 2113.23 | 5683.48 | 2.10 | 1.93 | 2118.04 | 5655.71 | 13100.06 | 13421.12 | 4.06 | 2.87 | 13135.88 | 13437.85 |
| -2.66 | 512.04 | 0.01 | 0.85 | -2.65 | 491.34 | 2112.49 | 5682.66 | 2.13 | 1.96 | 2117.31 | 5654.88 | 13097.03 | 13419.27 | 4.13 | 2.92 | 13132.88 | 13435.97 |
| -2.67 | 511.96 | 0.01 | 0.87 | -2.66 | 491.26 | 2111.74 | 5681.85 | 2.17 | 1.99 | 2116.57 | 5654.06 | 13093.98 | 13417.40 | 4.20 | 2.96 | 13129.85 | 13434.07 |
| -2.68 | 511.87 | 0.01 | 0.89 | -2.67 | 491.17 | 2110.99 | 5681.04 | 2.20 | 2.02 | 2115.83 | 5653.24 | 13090.93 | 13415.55 | 4.26 | 3.00 | 13126.83 | 13432.20 |
| -2.68 | 511.79 | 0.01 | 0.90 | -2.68 | 491.09 | 2110.23 | 5680.24 | 2.24 | 2.05 | 2115.09 | 5652.42 | 13087.88 | 13413.71 | 4.33 | 3.05 | 13123.81 | 13430.33 |
| -2.69 | 511.70 | 0.01 | 0.92 | -2.69 | 491.01 | 2109.47 | 5679.44 | 2.27 | 2.08 | 2114.35 | 5651.61 | 13084.83 | 13411.88 | 4.40 | 3.09 | 13120.79 | 13428.48 |
| -2.70 | 511.62 | 0.01 | 0.94 | -2.70 | 490.93 | 2108.71 | 5678.65 | 2.31 | 2.11 | 2113.60 | 5650.80 | 13081.78 | 13410.07 | 4.47 | 3.14 | 13117.76 | 13426.64 |
| -2.71 | 511.54 | 0.01 | 0.96 | -2.70 | 490.85 | 2107.94 | 5677.86 | 2.35 | 2.14 | 2112.85 | 5650.00 | 13078.73 | 13408.27 | 4.55 | 3.19 | 13114.74 | 13424.81 |
| -2.72 | 511.45 | 0.01 | 0.98 | -2.71 | 490.77 | 2107.17 | 5677.08 | 2.39 | 2.17 | 2112.09 | 5649.20 | 13075.67 | 13406.48 | 4.62 | 3.24 | 13111.71 | 13422.99 |
| -2.73 | 511.37 | 0.01 | 1.00 | -2.72 | 490.69 | 2106.39 | 5676.31 | 2.43 | 2.20 | 2111.33 | 5648.41 | 13072.62 | 13404.70 | 4.70 | 3.28 | 13108.69 | 13421.18 |
| -2.74 | 511.29 | 0.01 | 1.02 | -2.73 | 490.62 | 2105.61 | 5675.54 | 2.47 | 2.24 | 2110.57 | 5647.63 | 13069.56 | 13402.93 | 4.77 | 3.34 | 13105.66 | 13419.38 |
| -2.74 | 511.21 | 0.01 | 1.04 | -2.73 | 490.54 | 2104.83 | 5674.78 | 2.51 | 2.27 | 2109.81 | 5646.85 | 13066.52 | 13401.20 | 4.85 | 3.39 | 13102.65 | 13417.62 |
| -2.75 | 511.14 | 0.01 | 1.06 | -2.74 | 490.47 | 2104.04 | 5674.02 | 2.55 | 2.31 | 2109.04 | 5646.08 | 13063.46 | 13399.46 | 4.93 | 3.44 | 13099.61 | 13415.84 |
| -2.75 | 511.06 | 0.01 | 1.08 | -2.75 | 490.39 | 2103.25 | 5673.27 | 2.59 | 2.34 | 2108.26 | 5645.31 | 13060.41 | 13397.73 | 5.01 | 3.49 | 13096.59 | 13414.08 |
| -2.76 | 510.98 | 0.01 | 1.10 | -2.75 | 490.32 | 2102.45 | 5672.53 | 2.63 | 2.38 | 2107.49 | 5644.55 | 13057.35 | 13396.02 | 5.10 | 3.55 | 13093.56 | 13412.33 |
| -2.76 | 510.90 | 0.01 | 1.12 | -2.76 | 490.24 | 2101.65 | 5671.78 | 2.68 | 2.42 | 2106.70 | 5643.79 | 13054.30 | 13394.31 | 5.18 | 3.60 | 13090.53 | 13410.59 |
| -2.77 | 510.82 | 0.01 | 1.14 | -2.77 | 490.16 | 2100.84 | 5671.05 | 2.72 | 2.45 | 2105.91 | 5643.04 | 13051.23 | 13392.62 | 5.27 | 3.66 | 13087.50 | 13408.86 |
| -2.78 | 510.74 | 0.01 | 1.17 | -2.78 | 490.09 | 2100.03 | 5670.31 | 2.77 | 2.49 | 2105.11 | 5642.29 | 13048.17 | 13390.94 | 5.35 | 3.72 | 13084.47 | 13407.14 |
| -2.79 | 510.66 | 0.01 | 1.19 | -2.79 | 490.01 | 2099.21 | 5669.59 | 2.81 | 2.53 | 2104.31 | 5641.55 | 13045.10 | 13389.27 | 5.44 | 3.78 | 13081.43 | 13405.43 |
| -2.80 | 510.58 | 0.01 | 1.21 | -2.80 | 489.93 | 2098.39 | 5668.87 | 2.86 | 2.57 | 2103.50 | 5640.81 | 13042.04 | 13387.61 | 5.53 | 3.84 | 13078.40 | 13403.73 |
| -2.81 | 510.51 | 0.01 | 1.24 | -2.80 | 489.85 | 2097.57 | 5668.16 | 2.91 | 2.61 | 2102.69 | 5640.08 | 13038.96 | 13385.97 | 5.62 | 3.90 | 13075.36 | 13402.04 |
| -2.82 | 510.43 | 0.01 | 1.26 | -2.81 | 489.78 | 2096.74 | 5667.44 | 2.96 | 2.65 | 2101.88 | 5639.35 | 13036.01 | 13384.65 | 5.72 | 3.96 | 13072.44 | 13401.19 |
| -2.83 | 510.35 | 0.01 | 1.28 | -2.82 | 489.70 | 2095.90 | 5666.75 | 3.01 | 2.69 | 2101.06 | 5638.63 | 13032.88 | 13382.95 | 5.81 | 4.02 | 13069.33 | 13399.42 |
| -2.84 | 510.28 | 0.01 | 1.31 | -2.83 | 489.63 | 2095.06 | 5666.04 | 3.06 | 2.73 | 2100.24 | 5637.91 | 13029.81 | 13381.30 | 5.91 | 4.09 | 13066.29 | 13397.70 |
| -2.85 | 510.20 | 0.01 | 1.33 | -2.84 | 489.55 | 2094.22 | 5665.36 | 3.11 | 2.78 | 2099.42 | 5637.20 | 13026.74 | 13379.67 | 6.00 | 4.15 | 13063.25 | 13396.01 |
| -2.85 | 510.13 | 0.01 | 1.36 | -2.85 | 489.48 | 2093.37 | 5664.67 | 3.16 | 2.82 | 2098.59 | 5636.50 | 13023.67 | 13378.06 | 6.10 | 4.22 | 13060.21 | 13394.35 |
| -2.86 | 510.05 | 0.01 | 1.38 | -2.85 | 489.41 | 2092.52 | 5663.99 | 3.22 | 2.86 | 2097.76 | 5635.79 | 13020.59 | 13376.48 | 6.20 | 4.29 | 13057.17 | 13392.71 |
| -2.87 | 509.98 | 0.01 | 1.41 | -2.86 | 489.33 | 2091.66 | 5663.31 | 3.27 | 2.91 | 2096.92 | 5635.10 | 13017.53 | 13374.90 | 6.30 | 4.36 | 13054.14 | 13391.09 |
| -2.88 | 509.90 | 0.02 | 1.44 | -2.87 | 489.26 | 2090.80 | 5662.65 | 3.33 | 2.95 | 2096.08 | 5634.41 | 13014.44 | 13373.35 | 6.41 | 4.43 | 13051.10 | 13389.49 |
| -2.89 | 509.83 | 0.02 | 1.46 | -2.88 | 489.19 | 2089.94 | 5661.99 | 3.38 | 3.00 | 2095.24 | 5633.73 | 13011.37 | 13371.81 | 6.51 | 4.50 | 13048.06 | 13387.90 |
| -2.90 | 509.76 | 0.02 | 1.49 | -2.89 | 489.12 | 2089.07 | 5661.34 | 3.44 | 3.05 | 2094.39 | 5633.05 | 13008.28 | 13370.29 | 6.62 | 4.57 | 13045.01 | 13386.33 |
| -2.91 | 509.69 | 0.02 | 1.52 | -2.90 | 489.05 | 2088.19 | 5660.68 | 3.50 | 3.09 | 2093.54 | 5632.38 | 13005.57 | 13369.34 | 6.73 | 4.64 | 13042.35 | 13385.34 |
| -2.91 | 509.62 | 0.02 | 1.55 | -2.90 | 488.98 | 2087.31 | 5660.05 | 3.56 | 3.14 | 2092.68 | 5631.71 | 13002.41 | 13367.73 | 6.84 | 4.72 | 13039.22 | 13383.69 |
| -2.92 | 509.55 | 0.02 | 1.57 | -2.91 | 488.91 | 2086.43 | 5659.40 | 3.62 | 3.19 | 2091.82 | 5631.05 | 12999.27 | 13366.15 | 6.95 | 4.79 | 13036.12 | 13382.07 |
| -2.93 | 509.48 | 0.02 | 1.60 | -2.92 | 488.83 | 2085.54 | 5658.78 | 3.68 | 3.24 | 2090.96 | 5630.39 | 12996.13 | 13364.61 | 7.06 | 4.87 | 13033.02 | 13380.49 |
| -2.94 | 509.41 | 0.02 | 1.63 | -2.93 | 488.76 | 2084.65 | 5658.15 | 3.74 | 3.29 | 2090.09 | 5629.74 | 12993.01 | 13363.10 | 7.18 | 4.95 | 13029.94 | 13378.93 |
| -2.95 | 509.34 | 0.02 | 1.66 | -2.94 | 488.69 | 2083.76 | 5657.53 | 3.80 | 3.34 | 2089.22 | 5629.10 | 12989.88 | 13361.61 | 7.29 | 5.02 | 13026.86 | 13377.40 |
| -2.96 | 509.27 | 0.02 | 1.69 | -2.94 | 488.62 | 2082.86 | 5656.92 | 3.86 | 3.39 | 2088.34 | 5628.46 | 12986.77 | 13360.14 | 7.41 | 5.10 | 13023.79 | 13375.88 |
| -2.97 | 509.20 | 0.02 | 1.72 | -2.95 | 488.56 | 2081.95 | 5656.32 | 3.93 | 3.45 | 2087.46 | 5627.83 | 12983.66 | 13358.69 | 7.53 | 5.19 | 13020.72 | 13374.39 |
| -2.97 | 509.13 | 0.02 | 1.75 | -2.96 | 488.49 | 2081.04 | 5655.71 | 3.99 | 3.50 | 2086.58 | 5627.21 | 12980.56 | 13357.26 | 7.65 | 5.27 | 13017.66 | 13372.91 |
| -2.98 | 509.06 | 0.02 | 1.78 | -2.97 | 488.42 | 2080.13 | 5655.12 | 4.06 | 3.55 | 2085.69 | 5626.59 | 12977.45 | 13355.86 | 7.77 | 5.35 | 13014.60 | 13371.46 |
| -2.99 | 509.00 | 0.02 | 1.81 | -2.97 | 488.36 | 2079.21 | 5654.53 | 4.13 | 3.61 | 2084.80 | 5625.97 | 12974.56 | 13354.78 | 7.89 | 5.44 | 13011.75 | 13370.32 |
| -2.99 | 508.93 | 0.02 | 1.85 | -2.98 | 488.29 | 2078.29 | 5653.96 | 4.20 | 3.66 | 2083.90 | 5625.36 | 12971.40 | 13353.32 | 8.02 | 5.52 | 13008.64 | 13368.77 |
| -3.00 | 508.87 | 0.02 | 1.88 | -2.99 | 488.22 | 2077.36 | 5653.37 | 4.26 | 3.72 | 2083.00 | 5624.76 | 12968.28 | 13351.91 | 8.15 | 5.61 | 13005.57 | 13367.29 |
| -3.01 | 508.80 | 0.02 | 1.91 | -3.00 | 488.15 | 2076.43 | 5652.81 | 4.33 | 3.78 | 2082.09 | 5624.16 | 12965.17 | 13350.54 | 8.28 | 5.70 | 13002.50 | 13365.84 |
| -3.02 | 508.73 | 0.02 | 1.94 | -3.00 | 488.09 | 2075.49 | 5652.24</ | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|--------|------|------|-------|--------|---------|---------|-------|-------|---------|---------|----------|----------|---------|-------|----------|----------|
| -3.12 | 507.94 | 0.02 | 2.41 | -3.10 | 487.28 | 2062.89 | 5645.51 | 5.42 | 4.66 | 2068.96 | 5616.43 | 12921.84 | 13333.18 | 10.25 | 7.06 | 12959.88 | 13347.58 |
| -3.12 | 507.88 | 0.02 | 2.45 | -3.10 | 487.22 | 2061.89 | 5645.02 | 5.50 | 4.73 | 2068.00 | 5615.93 | 12918.75 | 13332.05 | 10.41 | 7.17 | 12956.85 | 13346.40 |
| -3.13 | 507.83 | 0.02 | 2.49 | -3.11 | 487.16 | 2060.88 | 5644.57 | 5.59 | 4.80 | 2067.02 | 5615.43 | 12915.66 | 13330.95 | 10.56 | 7.28 | 12953.81 | 13345.24 |
| -3.14 | 507.77 | 0.03 | 2.53 | -3.12 | 487.10 | 2059.87 | 5644.09 | 5.67 | 4.87 | 2066.05 | 5614.93 | 12912.46 | 13329.87 | 10.72 | 7.39 | 12950.67 | 13344.09 |
| -3.15 | 507.71 | 0.03 | 2.57 | -3.13 | 487.05 | 2058.85 | 5643.66 | 5.76 | 4.94 | 2065.07 | 5614.45 | 12909.38 | 13328.79 | 10.88 | 7.50 | 12947.64 | 13342.94 |
| -3.15 | 507.66 | 0.03 | 2.61 | -3.13 | 486.99 | 2057.84 | 5643.19 | 5.85 | 5.01 | 2064.08 | 5613.97 | 12906.32 | 13327.70 | 11.04 | 7.61 | 12944.64 | 13341.81 |
| -3.16 | 507.61 | 0.03 | 2.65 | -3.14 | 486.94 | 2056.81 | 5642.77 | 5.94 | 5.08 | 2063.10 | 5613.49 | 12903.26 | 13326.65 | 11.20 | 7.72 | 12941.63 | 13340.69 |
| -3.17 | 507.55 | 0.03 | 2.69 | -3.14 | 486.88 | 2055.78 | 5642.32 | 6.03 | 5.16 | 2062.10 | 5613.02 | 12900.19 | 13325.60 | 11.36 | 7.84 | 12938.63 | 13339.59 |
| -3.17 | 507.50 | 0.03 | 2.73 | -3.15 | 486.83 | 2054.75 | 5641.92 | 6.13 | 5.23 | 2061.10 | 5612.56 | 12897.11 | 13324.58 | 11.53 | 7.95 | 12935.61 | 13338.49 |
| -3.18 | 507.45 | 0.03 | 2.77 | -3.16 | 486.77 | 2053.71 | 5641.47 | 6.22 | 5.31 | 2060.10 | 5612.11 | 12894.03 | 13323.56 | 11.70 | 8.07 | 12932.59 | 13337.41 |
| -3.19 | 507.40 | 0.03 | 2.81 | -3.16 | 486.72 | 2052.67 | 5641.08 | 6.31 | 5.38 | 2059.10 | 5611.66 | 12890.95 | 13322.57 | 11.87 | 8.19 | 12929.57 | 13336.34 |
| -3.19 | 507.34 | 0.03 | 2.86 | -3.17 | 486.66 | 2051.62 | 5640.65 | 6.41 | 5.46 | 2058.09 | 5611.21 | 12887.86 | 13321.58 | 12.04 | 8.31 | 12926.55 | 13335.29 |
| -3.20 | 507.29 | 0.03 | 2.90 | -3.18 | 486.61 | 2050.57 | 5640.27 | 6.50 | 5.54 | 2057.07 | 5610.78 | 12884.78 | 13320.63 | 12.21 | 8.43 | 12923.53 | 13334.25 |
| -3.21 | 507.24 | 0.03 | 2.94 | -3.19 | 486.56 | 2049.51 | 5639.87 | 6.60 | 5.62 | 2056.05 | 5610.36 | 12882.16 | 13320.34 | 12.38 | 8.55 | 12920.97 | 13333.89 |
| -3.22 | 507.19 | 0.03 | 2.99 | -3.19 | 486.50 | 2048.44 | 5639.50 | 6.70 | 5.70 | 2055.02 | 5609.93 | 12878.96 | 13319.23 | 12.56 | 8.68 | 12917.84 | 13332.70 |
| -3.22 | 507.14 | 0.03 | 3.03 | -3.20 | 486.45 | 2047.37 | 5639.10 | 6.80 | 5.78 | 2053.99 | 5609.51 | 12875.81 | 13318.20 | 12.74 | 8.80 | 12914.75 | 13331.58 |
| -3.23 | 507.09 | 0.03 | 3.07 | -3.20 | 486.40 | 2046.30 | 5638.74 | 6.90 | 5.86 | 2052.96 | 5609.10 | 12872.67 | 13317.23 | 12.92 | 8.93 | 12911.68 | 13330.51 |
| -3.24 | 507.04 | 0.03 | 3.12 | -3.21 | 486.35 | 2045.22 | 5638.35 | 7.00 | 5.94 | 2051.92 | 5608.69 | 12869.54 | 13316.27 | 13.10 | 9.05 | 12908.62 | 13329.47 |
| -3.24 | 507.00 | 0.03 | 3.17 | -3.22 | 486.30 | 2044.14 | 5638.01 | 7.11 | 6.02 | 2050.88 | 5608.29 | 12866.42 | 13315.35 | 13.28 | 9.18 | 12905.57 | 13328.46 |
| -3.25 | 506.95 | 0.03 | 3.21 | -3.22 | 486.25 | 2043.06 | 5637.63 | 7.21 | 6.11 | 2049.84 | 5607.90 | 12863.32 | 13314.44 | 13.47 | 9.31 | 12902.54 | 13327.48 |
| -3.26 | 506.90 | 0.03 | 3.26 | -3.23 | 486.20 | 2041.96 | 5637.31 | 7.31 | 6.19 | 2048.79 | 5607.51 | 12860.21 | 13313.58 | 13.65 | 9.44 | 12899.50 | 13326.53 |
| -3.26 | 506.86 | 0.03 | 3.30 | -3.23 | 486.15 | 2040.87 | 5636.94 | 7.42 | 6.28 | 2047.74 | 5607.13 | 12857.12 | 13312.71 | 13.84 | 9.58 | 12896.48 | 13325.60 |
| -3.27 | 506.82 | 0.03 | 3.35 | -3.24 | 486.10 | 2039.77 | 5636.63 | 7.53 | 6.36 | 2046.68 | 5606.75 | 12854.02 | 13311.90 | 14.03 | 9.71 | 12893.45 | 13324.70 |
| -3.28 | 506.77 | 0.03 | 3.40 | -3.25 | 486.06 | 2038.66 | 5636.30 | 7.64 | 6.45 | 2045.62 | 5606.41 | 12851.30 | 13311.62 | 14.22 | 9.85 | 12890.80 | 13324.34 |
| -3.28 | 506.73 | 0.03 | 3.45 | -3.25 | 486.01 | 2037.55 | 5636.00 | 7.75 | 6.54 | 2044.55 | 5606.04 | 12848.13 | 13310.67 | 14.42 | 9.98 | 12887.70 | 13323.32 |
| -3.29 | 506.69 | 0.03 | 3.49 | -3.26 | 485.96 | 2036.44 | 5635.65 | 7.86 | 6.63 | 2043.48 | 5605.68 | 12844.99 | 13309.81 | 14.61 | 10.12 | 12884.64 | 13322.38 |
| -3.30 | 506.65 | 0.03 | 3.54 | -3.27 | 485.92 | 2035.31 | 5635.36 | 7.97 | 6.72 | 2042.40 | 5605.32 | 12841.87 | 13308.99 | 14.81 | 10.26 | 12881.59 | 13321.46 |
| -3.30 | 506.61 | 0.04 | 3.59 | -3.27 | 485.87 | 2034.19 | 5635.03 | 8.08 | 6.81 | 2041.32 | 5604.98 | 12838.77 | 13308.19 | 15.01 | 10.40 | 12878.56 | 13320.59 |
| -3.31 | 506.57 | 0.04 | 3.64 | -3.28 | 485.83 | 2033.06 | 5634.76 | 8.19 | 6.90 | 2040.23 | 5604.64 | 12835.68 | 13307.44 | 15.21 | 10.54 | 12875.55 | 13319.74 |
| -3.31 | 506.52 | 0.04 | 3.69 | -3.28 | 485.78 | 2031.92 | 5634.44 | 8.31 | 6.99 | 2039.14 | 5604.30 | 12832.59 | 13306.69 | 15.41 | 10.69 | 12872.54 | 13318.92 |
| -3.32 | 506.49 | 0.04 | 3.74 | -3.29 | 485.74 | 2030.77 | 5634.18 | 8.43 | 7.08 | 2038.04 | 5603.97 | 12829.51 | 13305.99 | 15.62 | 10.83 | 12869.53 | 13318.12 |
| -3.33 | 506.44 | 0.04 | 3.79 | -3.29 | 485.69 | 2029.62 | 5633.88 | 8.54 | 7.18 | 2036.94 | 5603.65 | 12826.43 | 13305.28 | 15.82 | 10.98 | 12866.53 | 13317.35 |
| -3.33 | 506.40 | 0.04 | 3.84 | -3.30 | 485.65 | 2028.47 | 5633.63 | 8.66 | 7.27 | 2035.83 | 5603.33 | 12823.36 | 13304.62 | 16.03 | 11.12 | 12863.53 | 13316.60 |
| -3.34 | 506.37 | 0.04 | 3.89 | -3.30 | 485.60 | 2027.31 | 5633.36 | 8.78 | 7.37 | 2034.72 | 5603.04 | 12820.33 | 13304.02 | 16.24 | 11.27 | 12860.59 | 13315.91 |
| -3.34 | 506.33 | 0.04 | 3.95 | -3.31 | 485.56 | 2026.15 | 5633.12 | 8.90 | 7.46 | 2033.61 | 5602.73 | 12817.24 | 13303.35 | 16.45 | 11.42 | 12857.57 | 13315.15 |
| -3.35 | 506.29 | 0.04 | 4.00 | -3.31 | 485.51 | 2024.98 | 5632.84 | 9.02 | 7.56 | 2032.49 | 5602.43 | 12814.16 | 13302.71 | 16.66 | 11.58 | 12854.57 | 13314.42 |
| -3.36 | 506.25 | 0.04 | 4.05 | -3.32 | 485.47 | 2023.81 | 5632.63 | 9.15 | 7.66 | 2031.37 | 5602.14 | 12811.09 | 13302.11 | 16.88 | 11.73 | 12851.59 | 13313.71 |
| -3.36 | 506.21 | 0.04 | 4.10 | -3.33 | 485.43 | 2022.64 | 5632.36 | 9.27 | 7.76 | 2030.25 | 5601.86 | 12808.03 | 13301.51 | 17.10 | 11.88 | 12848.60 | 13313.02 |
| -3.37 | 506.18 | 0.04 | 4.16 | -3.33 | 485.39 | 2021.46 | 5632.16 | 9.39 | 7.86 | 2029.12 | 5601.58 | 12804.97 | 13300.95 | 17.31 | 12.04 | 12845.62 | 13312.36 |
| -3.37 | 506.14 | 0.04 | 4.21 | -3.34 | 485.34 | 2020.27 | 5631.91 | 9.52 | 7.96 | 2027.98 | 5601.31 | 12801.91 | 13300.38 | 17.53 | 12.19 | 12842.65 | 13311.72 |
| -3.38 | 506.11 | 0.04 | 4.27 | -3.34 | 485.30 | 2019.08 | 5631.72 | 9.65 | 8.06 | 2026.84 | 5601.04 | 12798.85 | 13299.86 | 17.76 | 12.35 | 12839.68 | 13311.09 |
| -3.39 | 506.07 | 0.04 | 4.32 | -3.35 | 485.26 | 2017.88 | 5631.48 | 9.78 | 8.17 | 2025.70 | 5600.79 | 12795.80 | 13299.33 | 17.98 | 12.51 | 12836.71 | 13310.48 |
| -3.39 | 506.04 | 0.04 | 4.38 | -3.35 | 485.22 | 2016.68 | 5631.31 | 9.90 | 8.27 | 2024.55 | 5600.54 | 12792.74 | 13298.84 | 18.21 | 12.67 | 12833.74 | 13309.89 |
| -3.40 | 506.00 | 0.04 | 4.43 | -3.36 | 485.18 | 2015.48 | 5631.09 | 10.03 | 8.37 | 2023.41 | 5600.30 | 12789.73 | 13298.40 | 18.43 | 12.83 | 12830.82 | 13309.38 |
| -3.40 | 505.97 | 0.04 | 4.49 | -3.36 | 485.14 | 2014.27 | 5630.93 | 10.17 | 8.48 | 2022.25 | 5600.06 | 12786.67 | 13297.93 | 18.66 | 13.00 | 12827.84 | 13308.81 |
| -3.41 | 505.94 | 0.04 | 4.54 | -3.37 | 485.10 | 2013.06 | 5630.73 | 10.30 | 8.58 | 2021.10 | 5599.83 | 12783.64 | 13297.45 | 18.89 | 13.16 | 12824.89 | 13308.26 |
| -3.41 | 505.91 | 0.04 | 4.60 | -3.37 | 485.07 | 2011.84 | 5630.58 | 10.43 | 8.69 | 2019.93 | 5599.61 | 12780.58 | 13297.02 | 19.13 | 13.33 | 12821.92 | 13307.72 |
| -3.42 | 505.87 | 0.05 | 4.66 | -3.38 | 485.03 | 2010.63 | 5630.39 | 10.57 | 8.80 | 2018.77 | 5599.40 | 12777.52 | 13296.56 | 19.36 | 13.50 | 12818.95 | 13307.19 |
| -3.43 | 505.85 | 0.05 | 4.71 | -3.38 | 484.99 | 2009.40 | 5630.26 | 10.70 | 8.91 | 2017.60 | 5599.19 | 12774.45 | 13296.15 | 19.60 | 13.67 | 12815.97 | 13306.67 |
| -3.43 | 505.82 | 0.05 | 4.77 | -3.39 | 484.95 | 2008.16 | 5630.09 | 10.84 | 9.02 | 2016.42 | 5598.99 | 12771.39 | 13295.72 | 19.84 | 13.84 | 12813.00 | 13306.17 |
| -3.44 | 505.79 | 0.05 | 4.83 | -3.39 | 484.92 | 2006.92 | 5629.96 | 10.98 | 9.13 | 2015.24 | 5598.79 | 12768.32 | 13295.35 | 20.08 | 14.01 | 12810.03 | 13305.69 |
| -3.44 | 505.76 | 0.05 | 4.89 | -3.40 | 484.88 | 2005.68 | 5629.80 | 11.12 | 9.24 | 2014.05 | 5598.60 | 12765.27 | 13294.95 | 20.32 | 14.18 | 12807.06 | 13305.22 |
| -3.45 | 505.73 | 0.05 | 4.95 | -3.40 | 484.84 | 2004.43 | 5629.70 | 11.26 | 9.35 | 2012.86 | 5598.42 | 12762.21 | 13294.62 | 20.56 | 14.36 | 12804.09 | 13304.77 |
| -3.45 | 505.70 | 0.05 | 5.01 | -3.41 | 484.80 | 2003.17 | 5629.55 | 11.40 | 9.47 | 2011.66 | 5598.24 | 12759.48 | 13294.74 | 20.81 | 14.54 | 12801.46 | 13304.81 |
| -3.46 | 505.68 | 0.05 | 5.07 | -3.41 | 484.77 | 2001.91 | 5629.46 | 11.54 | 9.58 | 2010.46 | 5598.08 | 12756.35 | 13294.31 | 21.05 | 14.71 | 12798.43 | 13304.28 |
| -3.46 | 505.64 | 0.05 | 5.13 | -3.42 | 484.74 | 2000.65 | 5629.33 | 11.68 | 9.69 | 2009.25 | 5597.91 | 12753.25 | 13293.91 | 21.30 | 14.89 | 12795.42 | 13303.80 |
| -3.47 | 505.63 | 0.05 | 5.19 | -3.42 | 484.70 | 1999.37 | 5629.25 | 11.83 | 9.81 | 2008.04 | 5597.75 | 12750.15 | 13293.58 | 21.55 | 15.07 | 12792.42 | 13303.36 |
| -3.47 | 505.59 | 0.05 | 5.25 | -3.42 | 484.67 | 1998.09 | 5629.13 | 11.97 | 9.93 | 2006.82 | 5597.60 | 12747.07 | 13293.23 | 21.80 | 15.25 | 12789.43 | 13302.93 |
| -3.48 | 505.57 | 0.05 | 5.31 | -3.43 | 484.63 | 1996.81 | 5629.07 | 12.12 | 10.04 | 2005.60 | 5597.46 | 12743.99 | 13292.95 | 22.06 | 15.44 | 12786.45 | 13302.53 |
| -3.48 | 505.54 | 0.05 | 5.37 | -3.43 | 484.60 | 1995.53 | 5628.96 | 12.27 | 10.16 | 2004.38 | 5597.32 | 12740.92 | 13292.66 | 22.31 | 15.62 | 12783.48 | 13302.15 |
| -3.49 | 505.53 | 0.05 | 5.43 | -3.44 | 484.57 | 1994.23 | 5628.91 | 12.42 | 10.28 | 2003.14 | 5597.19 | 12737.86 | 13292.43 | 22.57 | 15.81 | 12780.51 | 13301.80 |
| -3.49 | 505.49 | 0.05 | 5.49 | -3.44 | 484.53 | 1992.94 | 5628.82 | 12.57 | 10.40 | 2001.91 | 5597.07 | 12734.81 | 13292.17 | 22.83</ | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|--------|------|-------|-------|--------|---------|---------|-------|-------|---------|---------|----------|----------|-------|-------|----------|----------|
| -3.56 | 505.22 | 0.06 | 6.40 | -3.50 | 484.08 | 1974.18 | 5628.63 | 14.76 | 12.18 | 1984.05 | 5596.02 | 12692.54 | 13291.11 | 26.65 | 18.76 | 12736.75 | 13298.90 |
| -3.56 | 505.22 | 0.06 | 6.47 | -3.50 | 484.05 | 1972.80 | 5628.69 | 14.93 | 12.31 | 1982.74 | 5595.99 | 12689.50 | 13291.14 | 26.93 | 18.97 | 12733.81 | 13298.79 |
| -3.56 | 505.20 | 0.06 | 6.54 | -3.50 | 484.02 | 1971.42 | 5628.71 | 15.09 | 12.44 | 1981.42 | 5595.97 | 12686.47 | 13291.13 | 27.22 | 19.17 | 12730.90 | 13298.69 |
| -3.57 | 505.19 | 0.06 | 6.60 | -3.51 | 484.00 | 1970.04 | 5628.78 | 15.26 | 12.58 | 1980.11 | 5595.96 | 12683.45 | 13291.21 | 27.51 | 19.38 | 12727.98 | 13298.63 |
| -3.57 | 505.17 | 0.07 | 6.67 | -3.51 | 483.98 | 1968.66 | 5628.82 | 15.42 | 12.71 | 1978.79 | 5595.95 | 12680.44 | 13291.25 | 27.80 | 19.60 | 12725.08 | 13298.58 |
| -3.58 | 505.17 | 0.07 | 6.74 | -3.51 | 483.96 | 1967.27 | 5628.91 | 15.59 | 12.85 | 1977.47 | 5595.96 | 12677.42 | 13291.37 | 28.09 | 19.81 | 12722.18 | 13298.55 |
| -3.58 | 505.15 | 0.07 | 6.81 | -3.51 | 483.94 | 1965.88 | 5628.97 | 15.76 | 12.99 | 1976.14 | 5595.96 | 12674.42 | 13291.44 | 28.38 | 20.02 | 12719.29 | 13298.54 |
| -3.58 | 505.15 | 0.07 | 6.88 | -3.52 | 483.91 | 1964.48 | 5629.08 | 15.93 | 13.12 | 1974.81 | 5595.98 | 12671.40 | 13291.61 | 28.68 | 20.24 | 12716.39 | 13298.55 |
| -3.59 | 505.13 | 0.07 | 6.95 | -3.52 | 483.89 | 1963.08 | 5629.16 | 16.10 | 13.26 | 1973.48 | 5596.00 | 12668.46 | 13291.79 | 28.98 | 20.46 | 12713.55 | 13298.65 |
| -3.59 | 505.13 | 0.07 | 7.02 | -3.52 | 483.88 | 1961.67 | 5629.28 | 16.27 | 13.40 | 1972.14 | 5596.03 | 12665.45 | 13291.99 | 29.28 | 20.67 | 12710.65 | 13298.69 |
| -3.60 | 505.12 | 0.07 | 7.09 | -3.53 | 483.86 | 1960.26 | 5629.37 | 16.44 | 13.54 | 1970.80 | 5596.07 | 12662.45 | 13292.11 | 29.58 | 20.90 | 12707.77 | 13298.73 |
| -3.60 | 505.12 | 0.07 | 7.16 | -3.53 | 483.84 | 1958.85 | 5629.50 | 16.62 | 13.68 | 1969.46 | 5596.12 | 12659.46 | 13292.35 | 29.88 | 21.12 | 12704.90 | 13298.82 |
| -3.60 | 505.11 | 0.07 | 7.23 | -3.53 | 483.83 | 1957.42 | 5629.60 | 16.79 | 13.83 | 1968.11 | 5596.17 | 12656.48 | 13292.52 | 30.18 | 21.34 | 12702.03 | 13298.90 |
| -3.60 | 505.11 | 0.07 | 7.30 | -3.53 | 483.81 | 1955.99 | 5629.76 | 16.97 | 13.97 | 1966.75 | 5596.23 | 12653.51 | 13292.81 | 30.49 | 21.56 | 12699.17 | 13299.03 |
| -3.61 | 505.10 | 0.07 | 7.37 | -3.54 | 483.79 | 1954.55 | 5629.87 | 17.14 | 14.12 | 1965.39 | 5596.30 | 12650.54 | 13293.01 | 30.80 | 21.79 | 12696.32 | 13299.15 |
| -3.61 | 505.10 | 0.07 | 7.45 | -3.54 | 483.78 | 1953.11 | 5630.04 | 17.32 | 14.26 | 1964.02 | 5596.37 | 12647.58 | 13293.34 | 31.11 | 22.01 | 12693.48 | 13299.32 |
| -3.61 | 505.09 | 0.07 | 7.52 | -3.54 | 483.77 | 1951.65 | 5630.17 | 17.50 | 14.41 | 1962.64 | 5596.45 | 12644.63 | 13293.59 | 31.42 | 22.24 | 12690.65 | 13299.49 |
| -3.62 | 505.10 | 0.07 | 7.59 | -3.54 | 483.75 | 1950.19 | 5630.35 | 17.68 | 14.55 | 1961.26 | 5596.54 | 12641.68 | 13293.96 | 31.73 | 22.47 | 12687.81 | 13299.69 |
| -3.62 | 505.09 | 0.08 | 7.67 | -3.55 | 483.74 | 1948.73 | 5630.50 | 17.86 | 14.70 | 1959.88 | 5596.65 | 12638.75 | 13294.27 | 32.04 | 22.70 | 12685.01 | 13299.93 |
| -3.63 | 505.09 | 0.08 | 7.74 | -3.55 | 483.73 | 1947.26 | 5630.70 | 18.04 | 14.85 | 1958.49 | 5596.75 | 12635.80 | 13294.68 | 32.36 | 22.93 | 12682.18 | 13300.16 |
| -3.63 | 505.08 | 0.08 | 7.81 | -3.55 | 483.71 | 1945.79 | 5630.85 | 18.22 | 15.00 | 1957.10 | 5596.85 | 12632.86 | 13294.99 | 32.68 | 23.17 | 12679.36 | 13300.39 |
| -3.63 | 505.09 | 0.08 | 7.89 | -3.56 | 483.70 | 1944.32 | 5631.07 | 18.41 | 15.14 | 1955.70 | 5596.97 | 12629.92 | 13295.44 | 32.99 | 23.40 | 12676.54 | 13300.66 |
| -3.63 | 505.09 | 0.08 | 7.96 | -3.56 | 483.69 | 1942.84 | 5631.24 | 18.59 | 15.30 | 1954.30 | 5597.08 | 12627.01 | 13295.80 | 33.32 | 23.64 | 12673.75 | 13300.93 |
| -3.64 | 505.09 | 0.08 | 8.04 | -3.56 | 483.67 | 1941.36 | 5631.47 | 18.78 | 15.45 | 1952.89 | 5597.21 | 12624.11 | 13296.29 | 33.64 | 23.88 | 12670.97 | 13301.25 |
| -3.64 | 505.09 | 0.08 | 8.12 | -3.56 | 483.66 | 1939.87 | 5631.65 | 18.96 | 15.60 | 1951.49 | 5597.34 | 12621.22 | 13296.70 | 33.96 | 24.11 | 12668.20 | 13301.56 |
| -3.64 | 505.09 | 0.08 | 8.19 | -3.56 | 483.64 | 1938.37 | 5631.90 | 19.15 | 15.75 | 1950.07 | 5597.48 | 12618.32 | 13297.22 | 34.29 | 24.35 | 12665.43 | 13301.91 |
| -3.65 | 505.09 | 0.08 | 8.27 | -3.57 | 483.63 | 1936.87 | 5632.09 | 19.34 | 15.91 | 1948.64 | 5597.61 | 12615.43 | 13297.66 | 34.61 | 24.60 | 12662.66 | 13302.26 |
| -3.65 | 505.10 | 0.08 | 8.35 | -3.57 | 483.62 | 1935.35 | 5632.35 | 19.53 | 16.06 | 1947.21 | 5597.77 | 12612.54 | 13298.22 | 34.94 | 24.84 | 12659.89 | 13302.64 |
| -3.65 | 505.09 | 0.08 | 8.42 | -3.57 | 483.60 | 1933.84 | 5632.55 | 19.72 | 16.22 | 1945.78 | 5597.93 | 12609.68 | 13298.73 | 35.27 | 25.08 | 12657.16 | 13303.05 |
| -3.65 | 505.10 | 0.08 | 8.50 | -3.57 | 483.59 | 1932.33 | 5632.84 | 19.91 | 16.37 | 1944.35 | 5598.10 | 12606.80 | 13299.32 | 35.60 | 25.32 | 12654.40 | 13303.47 |
| -3.66 | 505.10 | 0.09 | 8.58 | -3.57 | 483.57 | 1930.81 | 5633.05 | 20.10 | 16.53 | 1942.91 | 5598.27 | 12603.92 | 13299.82 | 35.94 | 25.57 | 12651.64 | 13303.88 |
| -3.66 | 505.11 | 0.09 | 8.66 | -3.58 | 483.55 | 1929.28 | 5633.35 | 20.29 | 16.68 | 1941.46 | 5598.45 | 12601.05 | 13300.46 | 36.27 | 25.82 | 12648.90 | 13304.33 |
| -3.66 | 505.11 | 0.09 | 8.73 | -3.58 | 483.53 | 1927.74 | 5633.57 | 20.49 | 16.84 | 1940.01 | 5598.62 | 12598.18 | 13301.00 | 36.61 | 26.07 | 12646.16 | 13304.78 |
| -3.67 | 505.12 | 0.09 | 8.81 | -3.58 | 483.52 | 1926.20 | 5633.89 | 20.68 | 17.00 | 1938.55 | 5598.82 | 12595.31 | 13301.68 | 36.95 | 26.31 | 12643.42 | 13305.27 |
| -3.67 | 505.12 | 0.09 | 8.89 | -3.58 | 483.50 | 1924.65 | 5634.13 | 20.88 | 17.16 | 1937.08 | 5599.01 | 12592.45 | 13302.26 | 37.28 | 26.57 | 12640.68 | 13305.76 |
| -3.67 | 505.13 | 0.09 | 8.97 | -3.59 | 483.48 | 1923.10 | 5634.45 | 21.07 | 17.32 | 1935.61 | 5599.21 | 12589.60 | 13302.98 | 37.63 | 26.82 | 12637.95 | 13306.28 |
| -3.68 | 505.13 | 0.09 | 9.05 | -3.59 | 483.47 | 1921.54 | 5634.71 | 21.27 | 17.48 | 1934.14 | 5599.41 | 12586.75 | 13303.60 | 37.97 | 27.07 | 12635.23 | 13306.81 |
| -3.68 | 505.15 | 0.09 | 9.13 | -3.59 | 483.46 | 1919.98 | 5635.05 | 21.47 | 17.64 | 1932.67 | 5599.63 | 12583.91 | 13304.36 | 38.31 | 27.33 | 12632.53 | 13307.38 |
| -3.68 | 505.15 | 0.09 | 9.21 | -3.59 | 483.44 | 1918.43 | 5635.35 | 21.67 | 17.81 | 1931.21 | 5599.88 | 12581.18 | 13305.15 | 38.66 | 27.58 | 12629.93 | 13308.08 |
| -3.68 | 505.17 | 0.09 | 9.29 | -3.59 | 483.43 | 1916.86 | 5635.72 | 21.87 | 17.97 | 1929.72 | 5600.13 | 12578.35 | 13305.95 | 39.00 | 27.84 | 12627.22 | 13308.68 |
| -3.68 | 505.19 | 0.09 | 9.37 | -3.59 | 483.42 | 1915.29 | 5636.01 | 22.07 | 18.14 | 1928.24 | 5600.37 | 12575.54 | 13306.63 | 39.35 | 28.10 | 12624.54 | 13309.27 |
| -3.69 | 505.20 | 0.09 | 9.46 | -3.59 | 483.40 | 1913.71 | 5636.40 | 22.27 | 18.30 | 1926.74 | 5600.63 | 12572.72 | 13307.47 | 39.70 | 28.36 | 12621.85 | 13309.91 |
| -3.69 | 505.20 | 0.09 | 9.54 | -3.59 | 483.38 | 1912.13 | 5636.71 | 22.48 | 18.47 | 1925.25 | 5600.88 | 12569.91 | 13308.19 | 40.05 | 28.62 | 12619.17 | 13310.54 |
| -3.69 | 505.22 | 0.10 | 9.62 | -3.60 | 483.37 | 1910.53 | 5637.11 | 22.68 | 18.63 | 1923.74 | 5601.15 | 12567.10 | 13309.07 | 40.41 | 28.88 | 12616.49 | 13311.20 |
| -3.69 | 505.24 | 0.10 | 9.70 | -3.59 | 483.37 | 1908.94 | 5637.44 | 22.88 | 18.80 | 1922.24 | 5601.42 | 12564.27 | 13309.81 | 40.76 | 29.14 | 12613.79 | 13311.85 |
| -3.69 | 505.26 | 0.10 | 9.78 | -3.60 | 483.36 | 1907.34 | 5637.85 | 23.09 | 18.97 | 1920.73 | 5601.70 | 12561.46 | 13310.72 | 41.12 | 29.41 | 12611.11 | 13312.55 |
| -3.70 | 505.26 | 0.10 | 9.87 | -3.60 | 483.34 | 1905.74 | 5638.19 | 23.30 | 19.14 | 1919.21 | 5601.98 | 12558.66 | 13311.51 | 41.47 | 29.67 | 12608.44 | 13313.23 |
| -3.70 | 505.29 | 0.10 | 9.95 | -3.60 | 483.33 | 1904.14 | 5638.62 | 23.50 | 19.31 | 1917.70 | 5602.29 | 12555.86 | 13312.47 | 41.83 | 29.94 | 12605.77 | 13313.98 |
| -3.69 | 505.31 | 0.10 | 10.03 | -3.59 | 483.33 | 1902.54 | 5639.02 | 23.71 | 19.48 | 1916.19 | 5602.63 | 12553.14 | 13313.36 | 42.19 | 30.21 | 12603.18 | 13314.79 |
| -3.70 | 505.33 | 0.10 | 10.12 | -3.60 | 483.31 | 1900.93 | 5639.47 | 23.92 | 19.65 | 1914.67 | 5602.94 | 12550.33 | 13314.37 | 42.55 | 30.47 | 12600.51 | 13315.56 |
| -3.70 | 505.35 | 0.10 | 10.20 | -3.59 | 483.31 | 1899.34 | 5639.85 | 24.13 | 19.82 | 1913.17 | 5603.25 | 12547.54 | 13315.19 | 42.92 | 30.75 | 12597.85 | 13316.29 |
| -3.70 | 505.37 | 0.10 | 10.29 | -3.60 | 483.29 | 1897.74 | 5640.30 | 24.34 | 19.99 | 1911.67 | 5603.57 | 12544.75 | 13316.24 | 43.28 | 31.02 | 12595.20 | 13317.10 |
| -3.71 | 505.38 | 0.10 | 10.37 | -3.60 | 483.28 | 1896.12 | 5640.69 | 24.55 | 20.16 | 1910.14 | 5603.89 | 12541.97 | 13317.10 | 43.65 | 31.29 | 12592.54 | 13317.88 |
| -3.71 | 505.41 | 0.10 | 10.46 | -3.60 | 483.27 | 1894.50 | 5641.15 | 24.76 | 20.34 | 1908.61 | 5604.22 | 12539.20 | 13318.18 | 44.01 | 31.56 | 12589.90 | 13318.72 |
| -3.70 | 505.43 | 0.11 | 10.54 | -3.59 | 483.27 | 1892.86 | 5641.56 | 24.98 | 20.51 | 1907.06 | 5604.55 | 12536.41 | 13319.09 | 44.38 | 31.84 | 12587.25 | 13319.53 |
| -3.69 | 505.47 | 0.11 | 10.63 | -3.58 | 483.28 | 1891.24 | 5642.03 | 25.19 | 20.69 | 1905.53 | 5604.91 | 12533.64 | 13320.20 | 44.75 | 32.11 | 12584.61 | 13320.41 |
| -3.70 | 505.48 | 0.11 | 10.71 | -3.59 | 483.26 | 1889.58 | 5642.46 | 25.41 | 20.86 | 1903.96 | 5605.24 | 12530.88 | 13321.15 | 45.12 | 32.39 | 12581.99 | 13321.26 |
| -3.70 | 505.51 | 0.11 | 10.80 | -3.59 | 483.25 | 1887.91 | 5642.92 | 25.62 | 21.04 | 1902.39 | 5605.59 | 12528.12 | 13322.30 | 45.49 | 32.66 | 12579.37 | 13322.18 |
| -3.70 | 505.53 | 0.11 | 10.89 | -3.59 | 483.24 | 1886.26 | 5643.42 | 25.84 | 21.22 | 1900.84 | 5606.01 | 12525.43 | 13323.36 | 45.87 | 32.94 | 12576.81 | 13323.14 |
| -3.70 | 505.56 | 0.11 | 10.97 | -3.59 | 483.23 | 1884.61 | 5643.92 | 26.06 | 21.39 | 1899.28 | 5606.37 | 12522.68 | 13324.58 | 46.24 | 33.22 | 12574.20 | 13324.09 |
| -3.70 | 505.57 | 0.11 | 11.06 | -3.59 | 483.23 | 1882.96 | 5644.37 | 26.28 | 21.57 | 1897.73 | 5606.73 | 12519.95 | 13325.59 | 46.62 | 33.50 | 12571.60 | 13325.00 |
| -3.71 | 505.61 | | | | | | | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|--------|------|-------|-------|--------|---------|---------|-------|-------|---------|---------|----------|----------|-------|-------|----------|----------|
| -3.72 | 506.01 | 0.12 | 12.39 | -3.59 | 483.10 | 1857.43 | 5652.53 | 29.63 | 24.32 | 1873.72 | 5613.19 | 12479.57 | 13344.75 | 52.41 | 37.82 | 12533.28 | 13341.36 |
| -3.72 | 506.05 | 0.13 | 12.48 | -3.59 | 483.10 | 1855.69 | 5653.14 | 29.86 | 24.51 | 1872.09 | 5613.68 | 12476.94 | 13346.10 | 52.80 | 38.11 | 12530.78 | 13342.57 |
| -3.71 | 506.09 | 0.13 | 12.58 | -3.58 | 483.10 | 1853.95 | 5653.76 | 30.08 | 24.69 | 1870.46 | 5614.18 | 12474.35 | 13347.65 | 53.20 | 38.41 | 12528.33 | 13343.87 |
| -3.72 | 506.12 | 0.13 | 12.67 | -3.59 | 483.09 | 1852.21 | 5654.38 | 30.31 | 24.88 | 1868.83 | 5614.68 | 12471.74 | 13349.04 | 53.60 | 38.70 | 12525.86 | 13345.12 |
| -3.72 | 506.16 | 0.13 | 12.76 | -3.59 | 483.09 | 1850.48 | 5655.02 | 30.53 | 25.07 | 1867.20 | 5615.19 | 12469.15 | 13350.63 | 54.00 | 39.00 | 12523.41 | 13346.45 |
| -3.72 | 506.20 | 0.13 | 12.85 | -3.58 | 483.09 | 1848.74 | 5655.66 | 30.75 | 25.26 | 1865.56 | 5615.71 | 12466.54 | 13352.05 | 54.40 | 39.30 | 12520.94 | 13347.73 |
| -3.72 | 506.24 | 0.13 | 12.94 | -3.58 | 483.09 | 1846.99 | 5656.32 | 30.98 | 25.45 | 1863.91 | 5616.24 | 12463.95 | 13353.66 | 54.80 | 39.60 | 12518.49 | 13349.09 |
| -3.72 | 506.28 | 0.13 | 13.04 | -3.58 | 483.10 | 1845.24 | 5656.96 | 31.20 | 25.64 | 1862.25 | 5616.77 | 12461.35 | 13355.12 | 55.20 | 39.90 | 12516.02 | 13350.40 |
| -3.71 | 506.32 | 0.13 | 13.13 | -3.58 | 483.10 | 1843.49 | 5657.65 | 31.42 | 25.83 | 1860.60 | 5617.32 | 12458.76 | 13356.77 | 55.60 | 40.20 | 12513.57 | 13351.78 |
| -3.72 | 506.36 | 0.13 | 13.22 | -3.58 | 483.10 | 1841.74 | 5658.31 | 31.65 | 26.03 | 1858.94 | 5617.86 | 12456.15 | 13358.24 | 56.00 | 40.50 | 12511.10 | 13353.10 |
| -3.72 | 506.41 | 0.13 | 13.32 | -3.58 | 483.10 | 1839.98 | 5659.01 | 31.87 | 26.22 | 1857.28 | 5618.42 | 12453.55 | 13359.91 | 56.41 | 40.80 | 12508.64 | 13354.50 |
| -3.71 | 506.45 | 0.14 | 13.41 | -3.57 | 483.11 | 1838.22 | 5659.69 | 32.09 | 26.41 | 1855.61 | 5618.97 | 12450.93 | 13361.42 | 56.81 | 41.10 | 12506.16 | 13355.85 |
| -3.71 | 506.50 | 0.14 | 13.50 | -3.57 | 483.11 | 1836.46 | 5660.40 | 32.31 | 26.61 | 1853.94 | 5619.54 | 12448.35 | 13363.12 | 57.22 | 41.40 | 12503.72 | 13357.29 |
| -3.71 | 506.54 | 0.14 | 13.60 | -3.57 | 483.11 | 1834.71 | 5661.11 | 32.53 | 26.80 | 1852.27 | 5620.13 | 12445.78 | 13364.71 | 57.63 | 41.71 | 12501.28 | 13358.69 |
| -3.71 | 506.59 | 0.14 | 13.69 | -3.57 | 483.12 | 1832.93 | 5661.85 | 32.75 | 26.99 | 1850.59 | 5620.71 | 12443.20 | 13366.45 | 58.04 | 42.01 | 12498.85 | 13360.15 |
| -3.71 | 506.64 | 0.14 | 13.78 | -3.57 | 483.12 | 1831.15 | 5662.54 | 32.97 | 27.19 | 1848.90 | 5621.28 | 12440.61 | 13368.01 | 58.45 | 42.32 | 12496.39 | 13361.56 |
| -3.71 | 506.69 | 0.14 | 13.88 | -3.57 | 483.13 | 1829.36 | 5663.29 | 33.20 | 27.39 | 1847.20 | 5621.87 | 12438.04 | 13369.80 | 58.86 | 42.62 | 12493.96 | 13363.06 |
| -3.71 | 506.74 | 0.14 | 13.97 | -3.57 | 483.13 | 1827.55 | 5663.98 | 33.42 | 27.58 | 1845.48 | 5622.45 | 12435.46 | 13371.40 | 59.27 | 42.93 | 12491.51 | 13364.50 |
| -3.71 | 506.80 | 0.14 | 14.07 | -3.56 | 483.13 | 1825.75 | 5664.74 | 33.63 | 27.78 | 1843.76 | 5623.05 | 12432.89 | 13373.21 | 59.68 | 43.24 | 12489.08 | 13366.03 |
| -3.71 | 506.85 | 0.14 | 14.16 | -3.56 | 483.13 | 1823.93 | 5665.45 | 33.85 | 27.98 | 1842.03 | 5623.64 | 12430.32 | 13374.84 | 60.09 | 43.55 | 12486.65 | 13367.51 |
| -3.71 | 506.90 | 0.14 | 14.26 | -3.56 | 483.12 | 1822.12 | 5666.22 | 34.07 | 28.18 | 1840.30 | 5624.26 | 12427.78 | 13376.71 | 60.51 | 43.86 | 12484.25 | 13369.09 |
| -3.71 | 506.95 | 0.15 | 14.35 | -3.56 | 483.12 | 1820.30 | 5666.95 | 34.29 | 28.38 | 1838.56 | 5624.86 | 12425.19 | 13378.35 | 60.92 | 44.18 | 12481.79 | 13370.58 |
| -3.71 | 506.99 | 0.15 | 14.45 | -3.56 | 483.11 | 1818.47 | 5667.74 | 34.50 | 28.57 | 1836.82 | 5625.49 | 12422.64 | 13380.25 | 61.34 | 44.49 | 12479.38 | 13372.19 |
| -3.71 | 507.04 | 0.15 | 14.54 | -3.55 | 483.11 | 1816.65 | 5668.49 | 34.72 | 28.78 | 1835.08 | 5626.14 | 12420.11 | 13381.95 | 61.75 | 44.81 | 12476.99 | 13373.76 |
| -3.71 | 507.07 | 0.15 | 14.64 | -3.55 | 483.10 | 1814.82 | 5669.34 | 34.93 | 28.98 | 1833.33 | 5626.79 | 12417.56 | 13383.89 | 62.17 | 45.13 | 12474.57 | 13375.40 |
| -3.71 | 507.12 | 0.15 | 14.74 | -3.55 | 483.10 | 1812.97 | 5670.07 | 35.15 | 29.18 | 1831.56 | 5627.42 | 12414.97 | 13385.59 | 62.59 | 45.45 | 12472.11 | 13376.96 |
| -3.71 | 507.17 | 0.15 | 14.83 | -3.55 | 483.09 | 1811.15 | 5670.93 | 35.36 | 29.38 | 1829.82 | 5628.10 | 12412.40 | 13387.54 | 63.01 | 45.76 | 12469.68 | 13378.61 |
| -3.70 | 507.23 | 0.15 | 14.93 | -3.55 | 483.09 | 1809.32 | 5671.70 | 35.57 | 29.58 | 1828.06 | 5628.75 | 12409.81 | 13389.27 | 63.43 | 46.08 | 12467.22 | 13380.19 |
| -3.70 | 507.28 | 0.15 | 15.03 | -3.54 | 483.08 | 1807.46 | 5672.56 | 35.78 | 29.78 | 1826.28 | 5629.43 | 12407.27 | 13391.27 | 63.85 | 46.40 | 12464.82 | 13381.89 |
| -3.70 | 507.32 | 0.15 | 15.13 | -3.54 | 483.07 | 1805.61 | 5673.35 | 35.99 | 29.99 | 1824.50 | 5630.10 | 12404.68 | 13393.03 | 64.27 | 46.72 | 12462.36 | 13383.49 |
| -3.70 | 507.36 | 0.15 | 15.22 | -3.54 | 483.06 | 1803.76 | 5674.23 | 36.20 | 30.19 | 1822.73 | 5630.79 | 12402.12 | 13395.03 | 64.69 | 47.04 | 12459.94 | 13385.20 |
| -3.70 | 507.40 | 0.16 | 15.32 | -3.54 | 483.06 | 1801.91 | 5675.03 | 36.41 | 30.39 | 1820.95 | 5631.48 | 12399.54 | 13396.83 | 65.11 | 47.36 | 12457.49 | 13386.84 |
| -3.70 | 507.45 | 0.16 | 15.42 | -3.54 | 483.05 | 1800.05 | 5675.92 | 36.62 | 30.59 | 1819.16 | 5632.18 | 12397.01 | 13398.88 | 65.53 | 47.68 | 12455.10 | 13388.58 |
| -3.70 | 507.49 | 0.16 | 15.51 | -3.54 | 483.05 | 1798.19 | 5676.75 | 36.83 | 30.80 | 1817.37 | 5632.87 | 12394.47 | 13400.77 | 65.95 | 48.00 | 12452.69 | 13390.26 |
| -3.70 | 507.54 | 0.16 | 15.61 | -3.54 | 483.06 | 1796.33 | 5677.65 | 37.03 | 31.00 | 1815.58 | 5633.59 | 12391.92 | 13402.81 | 66.38 | 48.32 | 12450.27 | 13392.00 |
| -3.70 | 507.59 | 0.16 | 15.71 | -3.54 | 483.07 | 1794.46 | 5678.49 | 37.24 | 31.21 | 1813.78 | 5634.30 | 12389.36 | 13404.68 | 66.80 | 48.65 | 12447.84 | 13393.70 |
| -3.70 | 507.66 | 0.16 | 15.81 | -3.53 | 483.09 | 1792.58 | 5679.40 | 37.44 | 31.41 | 1811.96 | 5635.02 | 12386.81 | 13406.77 | 67.23 | 48.97 | 12445.42 | 13395.48 |
| -3.69 | 507.71 | 0.16 | 15.91 | -3.53 | 483.10 | 1790.70 | 5680.25 | 37.64 | 31.62 | 1810.15 | 5635.73 | 12384.25 | 13408.67 | 67.65 | 49.29 | 12442.99 | 13397.21 |
| -3.69 | 507.77 | 0.16 | 16.00 | -3.52 | 483.10 | 1788.82 | 5681.17 | 37.84 | 31.82 | 1808.33 | 5636.47 | 12381.76 | 13410.81 | 68.08 | 49.62 | 12440.64 | 13399.04 |
| -3.69 | 507.83 | 0.16 | 16.10 | -3.52 | 483.11 | 1786.94 | 5682.06 | 38.04 | 32.03 | 1806.51 | 5637.21 | 12379.21 | 13412.75 | 68.51 | 49.94 | 12438.21 | 13400.79 |
| -3.69 | 507.89 | 0.16 | 16.20 | -3.52 | 483.12 | 1785.06 | 5682.99 | 38.24 | 32.24 | 1804.69 | 5637.96 | 12376.69 | 13414.91 | 68.93 | 50.27 | 12435.82 | 13402.63 |
| -3.69 | 507.95 | 0.17 | 16.30 | -3.52 | 483.13 | 1783.17 | 5683.87 | 38.44 | 32.44 | 1802.86 | 5638.69 | 12374.13 | 13416.88 | 69.36 | 50.59 | 12433.39 | 13404.41 |
| -3.68 | 508.01 | 0.17 | 16.40 | -3.51 | 483.14 | 1781.27 | 5684.81 | 38.64 | 32.65 | 1801.02 | 5639.43 | 12371.62 | 13419.07 | 69.79 | 50.92 | 12431.01 | 13406.29 |
| -3.69 | 508.07 | 0.17 | 16.49 | -3.52 | 483.13 | 1779.35 | 5685.70 | 38.84 | 32.86 | 1799.17 | 5640.18 | 12368.95 | 13420.99 | 70.22 | 51.26 | 12428.46 | 13409.34 |
| -3.69 | 508.13 | 0.17 | 16.59 | -3.52 | 483.14 | 1777.44 | 5686.66 | 39.04 | 33.07 | 1797.32 | 5640.95 | 12366.48 | 13423.17 | 70.65 | 51.58 | 12426.12 | 13411.24 |
| -3.69 | 508.20 | 0.17 | 16.69 | -3.51 | 483.15 | 1775.53 | 5687.59 | 39.24 | 33.28 | 1795.48 | 5641.73 | 12363.99 | 13425.33 | 71.08 | 51.91 | 12423.75 | 13413.16 |
| -3.68 | 508.26 | 0.17 | 16.79 | -3.50 | 483.16 | 1773.61 | 5688.58 | 39.44 | 33.49 | 1793.62 | 5642.52 | 12361.55 | 13427.62 | 71.51 | 52.24 | 12421.44 | 13415.15 |
| -3.68 | 508.33 | 0.17 | 16.89 | -3.50 | 483.17 | 1771.69 | 5689.52 | 39.64 | 33.70 | 1791.77 | 5643.31 | 12359.08 | 13429.79 | 71.94 | 52.57 | 12419.10 | 13417.09 |
| -3.68 | 508.40 | 0.17 | 16.99 | -3.50 | 483.17 | 1769.77 | 5690.54 | 39.84 | 33.91 | 1789.91 | 5644.13 | 12356.67 | 13432.11 | 72.37 | 52.89 | 12416.81 | 13419.10 |
| -3.67 | 508.47 | 0.17 | 17.09 | -3.49 | 483.18 | 1767.84 | 5691.50 | 40.04 | 34.12 | 1788.05 | 5644.93 | 12354.22 | 13434.28 | 72.80 | 53.22 | 12414.48 | 13421.07 |
| -3.67 | 508.53 | 0.18 | 17.19 | -3.49 | 483.18 | 1765.91 | 5692.51 | 40.24 | 34.33 | 1786.19 | 5645.74 | 12351.79 | 13436.63 | 73.23 | 53.55 | 12412.17 | 13423.10 |
| -3.67 | 508.60 | 0.18 | 17.29 | -3.48 | 483.19 | 1763.98 | 5693.46 | 40.44 | 34.54 | 1784.32 | 5646.53 | 12349.34 | 13438.84 | 73.66 | 53.88 | 12409.84 | 13425.09 |
| -3.66 | 508.67 | 0.18 | 17.39 | -3.48 | 483.19 | 1762.04 | 5694.49 | 40.64 | 34.75 | 1782.45 | 5647.35 | 12346.92 | 13441.23 | 74.10 | 54.21 | 12407.54 | 13427.15 |
| -3.66 | 508.76 | 0.18 | 17.49 | -3.47 | 483.20 | 1760.11 | 5695.49 | 40.84 | 34.96 | 1780.59 | 5648.19 | 12344.30 | 13443.45 | 74.53 | 54.56 | 12405.04 | 13428.60 |
| -3.66 | 508.81 | 0.18 | 17.59 | -3.47 | 483.20 | 1758.18 | 5696.55 | 41.04 | 35.17 | 1778.73 | 5649.03 | 12341.92 | 13445.84 | 74.96 | 54.88 | 12402.79 | 13430.68 |
| -3.65 | 508.89 | 0.18 | 17.69 | -3.47 | 483.21 | 1756.26 | 5697.55 | 41.25 | 35.38 | 1776.88 | 5649.86 | 12339.50 | 13448.13 | 75.39 | 55.22 | 12400.48 | 13432.72 |
| -3.65 | 508.96 | 0.18 | 17.79 | -3.46 | 483.20 | 1754.34 | 5698.62 | 41.45 | 35.60 | 1775.02 | 5650.72 | 12337.16 | 13450.56 | 75.83 | 55.55 | 12398.25 | 13434.83 |
| -3.65 | 509.03 | 0.18 | 17.89 | -3.46 | 483.21 | 1752.41 | 5699.63 | 41.65 | 35.81 | 1773.17 | 5651.56 | 12334.77 | 13452.89 | 76.26 | 55.89 | 12395.98 | 13436.91 |
| -3.65 | 509.10 | 0.18 | 17.99 | -3.46 | 483.20 | 1750.47 | 5700.70 | 41.86 | 36.02 | 1771.30 | 5652.42 | 12332.42 | 13455.35 | 76.70 | 56.22 | 12393.74 | 13439.05 |
| -3.64 | 509.19 | 0.19 | 18.09 | -3.45 | 483.21 | 1748.53 | 5701.72 | 42.06 | 36.24 | 1769.43 | 5653.27 | 12330.04 | 13457.71 | 77.13 | 56.56 | 12391.48 | 13441.16 |
| -3.64 | 509.25 | 0.19 | 18.19 | -3.45 | 483.21 | 1746.58 | 5702.80 | 42.27 | 36.45 | 1767.55 | 5654.13 | 12327.71 | 13460.21 | 77.56 | 56.89 | 1 | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|--------|------|-------|-------|--------|---------|---------|---------|-------|---------|---------|----------|----------|--------|-------|----------|----------|
| -3.59 | 510.49 | 0.20 | 19.70 | -3.37 | 483.18 | 1716.78 | 5719.44 | 45.40 | 39.68 | 1738.74 | 5667.66 | 12294.06 | 13499.48 | 84.10 | 61.76 | 12357.19 | 13476.73 |
| -3.58 | 510.56 | 0.20 | 19.80 | -3.37 | 483.17 | 1714.77 | 5720.64 | 45.62 | 39.90 | 1736.80 | 5668.62 | 12292.43 | 13502.52 | 84.54 | 62.09 | 12355.65 | 13479.43 |
| -3.58 | 510.63 | 0.20 | 19.90 | -3.36 | 483.16 | 1712.76 | 5721.78 | 45.83 | 40.12 | 1734.86 | 5669.56 | 12290.64 | 13505.51 | 84.97 | 62.43 | 12353.97 | 13482.10 |
| -3.57 | 510.73 | 0.21 | 20.00 | -3.36 | 483.15 | 1710.76 | 5722.99 | 46.04 | 40.33 | 1732.92 | 5670.52 | 12288.78 | 13508.44 | 85.41 | 62.77 | 12352.20 | 13484.70 |
| -3.57 | 510.81 | 0.21 | 20.11 | -3.35 | 483.15 | 1708.76 | 5724.15 | 46.26 | 40.55 | 1730.99 | 5671.47 | 12286.83 | 13511.35 | 85.85 | 63.11 | 12350.34 | 13487.29 |
| -3.57 | 510.90 | 0.21 | 20.21 | -3.35 | 483.15 | 1706.76 | 5725.37 | 46.47 | 40.77 | 1729.05 | 5672.44 | 12284.79 | 13514.22 | 86.28 | 63.44 | 12348.40 | 13489.82 |
| -3.56 | 510.99 | 0.21 | 20.31 | -3.34 | 483.15 | 1704.76 | 5726.55 | 46.68 | 40.98 | 1727.11 | 5673.41 | 12282.66 | 13517.06 | 86.72 | 63.78 | 12346.36 | 13492.34 |
| -3.56 | 511.08 | 0.21 | 20.41 | -3.34 | 483.14 | 1702.73 | 5727.80 | 46.90 | 41.20 | 1725.14 | 5674.41 | 12280.51 | 13519.89 | 87.16 | 64.11 | 12344.30 | 13494.83 |
| -3.57 | 511.15 | 0.21 | 20.51 | -3.35 | 483.12 | 1700.69 | 5728.89 | 47.11 | 41.41 | 1723.16 | 5675.83 | 12277.95 | 13522.61 | 87.59 | 64.45 | 12341.83 | 13498.13 |
| -3.56 | 511.24 | 0.21 | 20.61 | -3.34 | 483.12 | 1698.67 | 5730.18 | 47.33 | 41.63 | 1721.20 | 5676.86 | 12275.84 | 13525.45 | 88.03 | 64.78 | 12339.81 | 13500.69 |
| -3.55 | 511.33 | 0.21 | 20.71 | -3.33 | 483.11 | 1696.64 | 5731.40 | 47.54 | 41.84 | 1719.22 | 5677.84 | 12273.82 | 13528.42 | 88.46 | 65.12 | 12337.88 | 13503.34 |
| -3.54 | 511.43 | 0.21 | 20.81 | -3.32 | 483.11 | 1694.60 | 5732.66 | 47.76 | 42.06 | 1717.23 | 5678.85 | 12271.70 | 13531.31 | 88.90 | 65.45 | 12335.84 | 13505.90 |
| -3.54 | 511.51 | 0.22 | 20.92 | -3.32 | 483.09 | 1692.55 | 5733.88 | 47.97 | 42.28 | 1715.24 | 5679.84 | 12269.56 | 13534.23 | 89.34 | 65.79 | 12333.78 | 13508.49 |
| -3.53 | 511.61 | 0.22 | 21.01 | -3.31 | 483.08 | 1690.51 | 5735.14 | 48.18 | 42.49 | 1713.25 | 5680.86 | 12267.27 | 13537.06 | 89.77 | 66.12 | 12331.57 | 13510.97 |
| -3.53 | 511.69 | 0.22 | 21.11 | -3.30 | 483.05 | 1688.47 | 5736.39 | 48.40 | 42.71 | 1711.26 | 5681.88 | 12264.91 | 13539.89 | 90.20 | 66.46 | 12329.30 | 13513.47 |
| -3.52 | 511.78 | 0.22 | 21.21 | -3.30 | 483.04 | 1686.42 | 5737.68 | 48.61 | 42.93 | 1709.27 | 5682.91 | 12262.58 | 13542.71 | 90.64 | 66.79 | 12327.05 | 13515.95 |
| -3.52 | 511.86 | 0.22 | 21.31 | -3.29 | 483.03 | 1684.38 | 5738.95 | 48.81 | 43.14 | 1707.27 | 5683.95 | 12260.32 | 13545.62 | 91.07 | 67.13 | 12324.87 | 13518.53 |
| -3.51 | 511.96 | 0.22 | 21.41 | -3.28 | 483.01 | 1682.33 | 5740.25 | 49.02 | 43.36 | 1705.27 | 5684.99 | 12258.06 | 13548.51 | 91.51 | 67.46 | 12322.68 | 13521.08 |
| -3.52 | 512.15 | 0.22 | 21.51 | -3.29 | 483.13 | 1680.28 | 5741.46 | 49.22 | 43.59 | 1703.26 | 5687.79 | 12255.80 | 13551.35 | 91.94 | 67.80 | 12320.50 | 13525.42 |
| -3.51 | 512.28 | 0.22 | 21.61 | -3.28 | 483.12 | 1678.23 | 5742.79 | 49.42 | 43.80 | 1701.25 | 5688.87 | 12253.59 | 13554.31 | 92.37 | 68.13 | 12318.36 | 13528.05 |
| -3.50 | 512.33 | 0.22 | 21.71 | -3.27 | 483.08 | 1676.19 | 5744.09 | 49.62 | 44.02 | 1699.25 | 5689.94 | 12251.40 | 13557.31 | 92.80 | 68.47 | 12316.24 | 13530.74 |
| -3.49 | 512.41 | 0.22 | 21.80 | -3.26 | 483.05 | 1674.15 | 5745.43 | 49.81 | 44.23 | 1697.25 | 5691.03 | 12249.19 | 13560.30 | 93.24 | 68.80 | 12314.11 | 13533.39 |
| -3.49 | 512.47 | 0.23 | 21.90 | -3.25 | 483.02 | 1672.10 | 5746.75 | 50.00 | 44.45 | 1695.24 | 5692.11 | 12247.01 | 13563.34 | 93.67 | 69.14 | 12312.00 | 13536.11 |
| -3.48 | 512.56 | 0.23 | 22.00 | -3.25 | 483.01 | 1670.04 | 5748.08 | 50.19 | 44.66 | 1693.22 | 5693.19 | 12244.80 | 13566.35 | 94.10 | 69.47 | 12309.86 | 13538.77 |
| -3.48 | 512.64 | 0.23 | 22.10 | -3.24 | 482.99 | 1667.99 | 5749.40 | 50.38 | 44.88 | 1691.20 | 5694.27 | 12242.61 | 13569.40 | 94.53 | 69.81 | 12307.74 | 13541.50 |
| -3.47 | 512.74 | 0.23 | 22.20 | -3.23 | 482.97 | 1665.93 | 5750.73 | 50.56 | 45.09 | 1689.16 | 5695.34 | 12240.39 | 13572.41 | 94.96 | 70.15 | 12305.58 | 13544.15 |
| -3.47 | 512.81 | 0.23 | 22.30 | -3.23 | 482.95 | 1663.85 | 5752.07 | 50.75 | 45.31 | 1687.10 | 5696.42 | 12238.24 | 13575.52 | 95.39 | 70.48 | 12303.50 | 13546.93 |
| -3.46 | 512.90 | 0.23 | 22.40 | -3.22 | 482.93 | 1661.78 | 5753.42 | 50.92 | 45.52 | 1685.05 | 5697.52 | 12236.07 | 13578.60 | 95.82 | 70.81 | 12301.39 | 13549.65 |
| -3.47 | 512.98 | 0.23 | 22.50 | -3.23 | 482.90 | 1659.69 | 5754.63 | 51.10 | 45.79 | 1682.97 | 5700.20 | 12233.88 | 13581.72 | 96.24 | 71.16 | 12299.25 | 13554.64 |
| -3.46 | 513.07 | 0.23 | 22.59 | -3.22 | 482.88 | 1657.59 | 5755.91 | 51.28 | 46.01 | 1680.88 | 5701.26 | 12231.69 | 13584.73 | 96.67 | 71.50 | 12297.12 | 13557.40 |
| -3.46 | 513.14 | 0.23 | 22.69 | -3.21 | 482.86 | 1655.50 | 5757.27 | 51.45 | 46.23 | 1678.81 | 5702.38 | 12229.56 | 13587.93 | 97.10 | 71.84 | 12295.05 | 13560.27 |
| -3.44 | 513.25 | 0.24 | 22.79 | -3.20 | 482.85 | 1653.41 | 5758.62 | 51.62 | 46.44 | 1676.73 | 5703.49 | 12227.36 | 13590.98 | 97.53 | 72.17 | 12292.91 | 13563.04 |
| -3.44 | 513.33 | 0.24 | 22.89 | -3.19 | 482.83 | 1651.37 | 5759.84 | 51.78 | 46.66 | 1674.69 | 5704.45 | 12225.23 | 13594.21 | 97.95 | 72.51 | 12290.83 | 13565.92 |
| -3.43 | 513.43 | 0.24 | 22.99 | -3.18 | 482.81 | 1649.28 | 5761.23 | 51.95 | 46.88 | 1672.62 | 5705.59 | 12223.11 | 13597.35 | 98.38 | 72.84 | 12288.76 | 13568.75 |
| -3.43 | 513.52 | 0.24 | 23.09 | -3.18 | 482.80 | 1647.15 | 5762.83 | 52.11 | 47.09 | 1670.49 | 5706.93 | 12221.02 | 13600.64 | 98.80 | 73.18 | 12286.73 | 13571.69 |
| -3.42 | 513.63 | 0.24 | 23.19 | -3.17 | 482.78 | 1645.08 | 5764.22 | 52.27 | 47.30 | 1668.42 | 5708.07 | 12218.90 | 13603.79 | 99.23 | 73.51 | 12284.66 | 13574.54 |
| -3.41 | 513.74 | 0.24 | 23.29 | -3.16 | 482.77 | 1643.00 | 5765.62 | 52.43 | 47.52 | 1666.34 | 5709.19 | 12216.82 | 13607.10 | 99.65 | 73.85 | 12282.62 | 13577.51 |
| -3.41 | 513.87 | 0.24 | 23.38 | -3.15 | 482.75 | 1640.92 | 5767.01 | 52.58 | 47.73 | 1664.25 | 5710.33 | 12214.70 | 13610.28 | 100.07 | 74.18 | 12280.55 | 13580.38 |
| -3.40 | 513.97 | 0.24 | 23.48 | -3.15 | 484.15 | 1638.84 | 5768.76 | 52.73 | 48.00 | 1662.16 | 5713.79 | 12211.38 | 13613.03 | 100.49 | 74.63 | 12277.27 | 13585.83 |
| -3.40 | 514.06 | 0.24 | 23.58 | -3.14 | 484.16 | 1636.74 | 5769.98 | 52.88 | 48.21 | 1660.05 | 5714.83 | 12209.25 | 13616.10 | 100.91 | 74.95 | 12275.19 | 13588.66 |
| -3.39 | 514.15 | 0.24 | 23.67 | -3.13 | 484.15 | 1634.65 | 5771.48 | 53.02 | 48.43 | 1657.96 | 5716.09 | 12207.59 | 13619.75 | 101.33 | 75.29 | 12273.57 | 13591.92 |
| -3.38 | 514.28 | 0.25 | 23.76 | -3.13 | 484.13 | 1632.56 | 5772.92 | 53.16 | 48.64 | 1655.85 | 5717.29 | 12205.84 | 13623.13 | 101.75 | 75.61 | 12271.86 | 13595.00 |
| -3.38 | 514.36 | 0.25 | 23.86 | -3.12 | 484.10 | 1630.45 | 5774.39 | 53.31 | 48.85 | 1653.73 | 5718.50 | 12204.15 | 13626.74 | 102.17 | 75.95 | 12270.21 | 13598.23 |
| -3.37 | 514.46 | 0.25 | 23.95 | -3.11 | 484.07 | 1628.33 | 5775.84 | 53.44 | 49.06 | 1651.60 | 5719.69 | 12202.34 | 13630.13 | 102.59 | 76.28 | 12268.42 | 13601.31 |
| -3.36 | 514.54 | 0.25 | 24.04 | -3.10 | 484.03 | 1626.21 | 5777.31 | 53.58 | 49.27 | 1649.46 | 5720.89 | 12200.58 | 13633.73 | 103.01 | 76.62 | 12266.70 | 13604.53 |
| -3.35 | 514.65 | 0.25 | 24.14 | -3.09 | 484.00 | 1624.09 | 5778.74 | 53.72 | 49.49 | 1647.32 | 5722.07 | 12198.66 | 13637.09 | 103.42 | 76.94 | 12264.81 | 13607.57 |
| -3.35 | 514.73 | 0.25 | 24.23 | -3.09 | 483.96 | 1621.91 | 5780.41 | 53.86 | 49.70 | 1645.13 | 5723.45 | 12196.83 | 13640.69 | 103.84 | 77.28 | 12263.01 | 13610.78 |
| -3.34 | 514.85 | 0.25 | 24.32 | -3.08 | 483.94 | 1619.79 | 5781.82 | 53.99 | 49.91 | 1642.99 | 5724.59 | 12194.83 | 13644.02 | 104.25 | 77.60 | 12261.04 | 13613.80 |
| -3.34 | 514.98 | 0.25 | 24.42 | -3.07 | 483.97 | 1617.68 | 5782.29 | 54.13 | 50.16 | 1640.87 | 5731.65 | 12192.89 | 13647.25 | 104.67 | 77.97 | 12259.12 | 13623.68 |
| -3.33 | 515.12 | 0.25 | 24.51 | -3.07 | 483.97 | 1615.56 | 5783.89 | 54.27 | 50.37 | 1638.74 | 5733.04 | 12190.79 | 13650.58 | 105.08 | 78.29 | 12257.05 | 13626.81 |
| -3.32 | 515.21 | 0.26 | 24.61 | -3.06 | 483.95 | 1613.43 | 5785.50 | 54.41 | 50.59 | 1636.60 | 5734.42 | 12188.96 | 13654.30 | 105.49 | 78.63 | 12255.24 | 13630.19 |
| -3.32 | 515.34 | 0.26 | 24.70 | -3.05 | 483.93 | 1611.28 | 5787.32 | 54.54 | 50.79 | 1634.45 | 5735.98 | 12186.96 | 13657.57 | 105.90 | 78.95 | 12253.26 | 13633.38 |
| -3.31 | 515.43 | 0.26 | 24.79 | -3.04 | 483.91 | 1609.21 | 5788.77 | 54.68 | 51.00 | 1632.38 | 5737.16 | 12185.11 | 13661.52 | 106.31 | 79.29 | 12251.43 | 13636.78 |
| -3.30 | 515.57 | 0.26 | 24.88 | -3.03 | 483.91 | 1607.08 | 5790.37 | 54.82 | 51.21 | 1630.24 | 5738.50 | 12183.10 | 13664.96 | 106.72 | 79.60 | 12249.43 | 13639.94 |
| -3.29 | 515.67 | 0.26 | 24.97 | -3.02 | 483.89 | 1604.97 | 5791.99 | 54.96 | 51.42 | 1628.12 | 5739.83 | 12181.35 | 13668.78 | 107.13 | 79.93 | 12247.69 | 13643.38 |
| -3.29 | 515.79 | 0.26 | 25.06 | -3.01 | 483.87 | 1602.86 | 5793.57 | 55.10 | 51.63 | 1626.01 | 5741.15 | 12179.31 | 13672.18 | 107.54 | 80.25 | 12245.66 | 13646.51 |
| -3.28 | 515.89 | 0.26 | 25.16 | -3.01 | 483.85 | 1600.72 | 5795.16 | 55.24 | 51.84 | 1623.88 | 5742.46 | 12177.40 | 13675.91 | 107.94 | 80.58 | 12243.76 | 13649.85 |
| -3.27 | 516.03 | 0.26 | 25.25 | -3.00 | 483.84 | 1598.58 | 5796.71 | 55.38 | 52.04 | 1621.74 | 5743.74 | 12175.34 | 13679.31 | 108.35 | 80.90 | 12241.71 | 13652.97 |
| -3.27 | 516.13 | 0.26 | 25.34 | -2.99 | 483.82 | 1596.42 | 5798.41 | 55.52 | 52.28 | 1619.56 | 5751.20 | 12173.53 | 13682.91 | 108.75 | 81.24 | 12239.88 | 13662.27 |
| -3.26 | 516.27 | 0.26 | 25.43 | -2.99 | 483.82 | 1594.31 | 5799.76 | 55.66 | 52.48 | 1617.45 | 5752.27 | 12171.42 | 13686.34 | 109.15 | 81.55 | 12237.78 | 13665.43 |
| -3.25 | 516.38 | 0.27 | 25.52 | -2.97 | 483.81 | 1592.12 | 5801.54 | 55.80</ | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|--------|------|-------|-------|--------|---------|---------|-------|-------|---------|---------|----------|----------|--------|--------|----------|----------|
| -3.14 | 518.20 | 0.28 | 26.98 | -2.85 | 489.18 | 1560.04 | 5825.64 | 57.86 | 55.80 | 1582.92 | 5787.16 | 12141.28 | 13746.34 | 115.41 | 86.65 | 12207.37 | 13734.78 |
| -3.13 | 518.37 | 0.28 | 27.07 | -2.84 | 489.23 | 1557.89 | 5827.38 | 58.00 | 55.99 | 1580.75 | 5788.60 | 12139.65 | 13750.46 | 115.79 | 86.97 | 12205.71 | 13738.52 |
| -3.12 | 518.51 | 0.28 | 27.15 | -2.83 | 489.26 | 1555.73 | 5829.06 | 58.14 | 56.19 | 1578.56 | 5790.00 | 12137.74 | 13754.22 | 116.17 | 87.26 | 12203.75 | 13742.00 |
| -3.13 | 517.98 | 0.28 | 27.29 | -2.84 | 493.73 | 1553.83 | 5829.88 | 58.27 | 56.46 | 1576.63 | 5797.95 | 12136.40 | 13757.52 | 116.54 | 87.66 | 12202.37 | 13752.36 |
| -3.12 | 518.11 | 0.28 | 27.39 | -2.82 | 493.92 | 1551.80 | 5831.57 | 58.41 | 56.67 | 1574.53 | 5799.59 | 12134.64 | 13761.36 | 116.91 | 87.96 | 12200.52 | 13756.15 |
| -3.11 | 518.42 | 0.28 | 27.47 | -2.81 | 494.15 | 1549.62 | 5833.46 | 58.54 | 56.86 | 1572.31 | 5801.29 | 12132.94 | 13765.65 | 117.28 | 88.27 | 12198.78 | 13760.18 |
| -3.09 | 518.76 | 0.29 | 27.55 | -2.80 | 494.37 | 1547.43 | 5835.36 | 58.68 | 57.05 | 1570.08 | 5802.98 | 12130.96 | 13769.65 | 117.66 | 88.56 | 12196.75 | 13763.97 |
| -3.08 | 519.04 | 0.29 | 27.63 | -2.78 | 494.54 | 1545.22 | 5837.23 | 58.82 | 57.24 | 1567.85 | 5804.60 | 12129.26 | 13773.91 | 118.03 | 88.86 | 12194.99 | 13767.89 |
| -3.08 | 519.31 | 0.29 | 27.71 | -2.78 | 494.66 | 1543.03 | 5839.06 | 58.95 | 57.42 | 1565.63 | 5806.17 | 12127.30 | 13777.86 | 118.40 | 89.15 | 12192.99 | 13771.57 |
| -3.07 | 519.52 | 0.29 | 27.79 | -2.77 | 494.72 | 1540.86 | 5840.88 | 59.09 | 57.61 | 1563.42 | 5807.71 | 12125.65 | 13782.07 | 118.76 | 89.45 | 12191.29 | 13775.42 |
| -3.06 | 519.72 | 0.29 | 27.86 | -2.76 | 494.76 | 1538.67 | 5842.64 | 59.23 | 57.80 | 1561.21 | 5809.20 | 12123.75 | 13785.99 | 119.13 | 89.73 | 12189.33 | 13779.05 |
| -3.05 | 519.90 | 0.29 | 27.94 | -2.74 | 494.78 | 1536.49 | 5844.42 | 59.36 | 57.98 | 1558.99 | 5810.67 | 12122.16 | 13790.20 | 119.50 | 90.03 | 12187.68 | 13782.87 |
| -3.04 | 520.06 | 0.29 | 28.02 | -2.73 | 494.78 | 1534.33 | 5846.16 | 59.50 | 58.17 | 1556.80 | 5812.13 | 12120.25 | 13794.09 | 119.86 | 90.32 | 12185.71 | 13786.44 |
| -3.05 | 519.58 | 0.29 | 28.16 | -2.74 | 501.05 | 1532.24 | 5847.06 | 59.63 | 58.43 | 1554.63 | 5821.27 | 12118.82 | 13797.24 | 120.22 | 90.70 | 12184.20 | 13797.80 |
| -3.03 | 519.91 | 0.29 | 28.23 | -2.73 | 501.31 | 1530.05 | 5849.07 | 59.77 | 58.61 | 1552.40 | 5823.12 | 12116.94 | 13801.50 | 120.58 | 90.96 | 12182.24 | 13801.83 |
| -3.02 | 520.06 | 0.29 | 28.33 | -2.72 | 501.54 | 1527.85 | 5850.88 | 59.90 | 58.80 | 1550.16 | 5824.86 | 12115.30 | 13805.76 | 120.93 | 91.27 | 12180.53 | 13805.94 |
| -3.01 | 520.37 | 0.29 | 28.40 | -2.70 | 501.75 | 1525.65 | 5852.77 | 60.04 | 58.98 | 1547.93 | 5826.57 | 12113.45 | 13809.94 | 121.29 | 91.54 | 12178.61 | 13809.87 |
| -3.00 | 520.57 | 0.30 | 28.48 | -2.69 | 501.88 | 1523.48 | 5854.61 | 60.18 | 59.16 | 1545.72 | 5828.20 | 12111.88 | 13814.21 | 121.65 | 91.83 | 12176.97 | 13813.87 |
| -2.99 | 520.80 | 0.30 | 28.56 | -2.68 | 501.98 | 1521.31 | 5856.45 | 60.31 | 59.34 | 1543.51 | 5829.81 | 12110.07 | 13818.33 | 122.00 | 92.11 | 12175.08 | 13817.69 |
| -2.98 | 520.97 | 0.30 | 28.63 | -2.67 | 502.05 | 1519.15 | 5858.27 | 60.43 | 59.52 | 1541.30 | 5831.38 | 12108.52 | 13822.60 | 122.35 | 92.40 | 12173.46 | 13821.63 |
| -2.97 | 521.15 | 0.30 | 28.71 | -2.66 | 502.09 | 1516.98 | 5860.07 | 60.56 | 59.70 | 1539.08 | 5832.91 | 12106.87 | 13826.79 | 122.70 | 92.67 | 12171.72 | 13825.50 |
| -2.96 | 521.31 | 0.30 | 28.79 | -2.64 | 502.11 | 1514.83 | 5861.87 | 60.68 | 59.88 | 1536.87 | 5834.45 | 12105.37 | 13831.06 | 123.05 | 92.95 | 12170.14 | 13829.41 |
| -2.95 | 521.45 | 0.30 | 28.86 | -2.63 | 502.12 | 1512.68 | 5863.66 | 60.79 | 60.06 | 1534.65 | 5835.96 | 12103.64 | 13835.18 | 123.39 | 93.22 | 12168.31 | 13833.19 |
| -2.94 | 520.69 | 0.30 | 29.05 | -2.62 | 510.19 | 1510.55 | 5864.56 | 60.89 | 60.33 | 1532.42 | 5846.78 | 12101.89 | 13838.36 | 123.76 | 93.59 | 12169.95 | 13847.54 |
| -2.93 | 520.95 | 0.30 | 29.14 | -2.61 | 510.65 | 1508.36 | 5866.45 | 61.00 | 60.52 | 1530.16 | 5848.78 | 12100.16 | 13842.72 | 124.11 | 93.87 | 12168.12 | 13851.93 |
| -2.92 | 521.23 | 0.30 | 29.23 | -2.60 | 511.01 | 1506.20 | 5868.42 | 61.10 | 60.71 | 1527.93 | 5850.69 | 12098.67 | 13847.14 | 124.45 | 94.16 | 12166.52 | 13856.22 |
| -2.91 | 521.61 | 0.30 | 29.31 | -2.59 | 511.32 | 1504.05 | 5870.45 | 61.20 | 60.88 | 1525.70 | 5852.54 | 12097.07 | 13851.60 | 124.79 | 94.42 | 12164.83 | 13860.42 |
| -2.90 | 521.95 | 0.30 | 29.38 | -2.58 | 511.53 | 1501.89 | 5872.41 | 61.29 | 61.05 | 1523.47 | 5854.28 | 12095.56 | 13856.00 | 125.13 | 94.69 | 12163.22 | 13864.52 |
| -2.89 | 522.25 | 0.30 | 29.45 | -2.57 | 511.67 | 1499.71 | 5874.38 | 61.37 | 61.22 | 1521.22 | 5855.96 | 12093.93 | 13860.37 | 125.46 | 94.95 | 12161.50 | 13868.54 |
| -2.88 | 522.48 | 0.31 | 29.52 | -2.56 | 511.75 | 1497.52 | 5876.58 | 61.45 | 61.39 | 1518.94 | 5857.88 | 12092.45 | 13864.75 | 125.79 | 95.21 | 12159.93 | 13872.57 |
| -2.87 | 522.63 | 0.31 | 29.60 | -2.55 | 511.79 | 1495.37 | 5878.44 | 61.53 | 61.56 | 1516.70 | 5859.44 | 12090.81 | 13869.06 | 126.12 | 95.47 | 12158.19 | 13876.49 |
| -2.86 | 522.80 | 0.31 | 29.67 | -2.54 | 511.81 | 1493.24 | 5880.24 | 61.60 | 61.73 | 1514.48 | 5860.95 | 12089.27 | 13873.35 | 126.45 | 95.74 | 12156.55 | 13880.40 |
| -2.85 | 522.95 | 0.31 | 29.74 | -2.53 | 511.83 | 1491.10 | 5882.05 | 61.67 | 61.90 | 1512.24 | 5862.48 | 12087.69 | 13877.70 | 126.77 | 96.00 | 12154.86 | 13884.35 |
| -2.85 | 523.12 | 0.31 | 29.79 | -2.53 | 514.48 | 1488.91 | 5883.75 | 61.73 | 62.08 | 1509.95 | 5866.91 | 12086.12 | 13881.81 | 127.10 | 96.28 | 12153.19 | 13891.57 |
| -2.84 | 523.42 | 0.31 | 29.84 | -2.52 | 514.79 | 1486.72 | 5885.77 | 61.79 | 62.24 | 1507.65 | 5868.79 | 12084.38 | 13886.36 | 127.42 | 96.53 | 12151.33 | 13895.85 |
| -2.82 | 523.55 | 0.31 | 29.91 | -2.50 | 514.97 | 1484.59 | 5887.61 | 61.85 | 62.42 | 1505.42 | 5870.55 | 12082.95 | 13890.62 | 127.74 | 96.80 | 12149.78 | 13899.96 |
| -2.81 | 523.72 | 0.31 | 29.97 | -2.49 | 515.12 | 1482.42 | 5889.55 | 61.90 | 62.59 | 1503.13 | 5872.31 | 12081.38 | 13895.10 | 128.06 | 97.05 | 12148.09 | 13904.13 |
| -2.80 | 523.87 | 0.31 | 30.04 | -2.48 | 515.24 | 1480.25 | 5891.43 | 61.94 | 62.76 | 1500.84 | 5874.02 | 12079.95 | 13899.42 | 128.37 | 97.31 | 12146.53 | 13908.20 |
| -2.79 | 524.01 | 0.31 | 30.11 | -2.46 | 515.35 | 1478.07 | 5893.36 | 61.98 | 62.93 | 1498.55 | 5875.74 | 12078.36 | 13903.81 | 128.69 | 97.57 | 12144.82 | 13912.25 |
| -2.78 | 524.15 | 0.31 | 30.17 | -2.45 | 515.43 | 1475.88 | 5895.21 | 62.02 | 63.11 | 1496.24 | 5877.39 | 12076.90 | 13908.12 | 129.00 | 97.82 | 12143.22 | 13916.25 |
| -2.77 | 524.26 | 0.31 | 30.24 | -2.44 | 515.50 | 1473.73 | 5897.08 | 62.05 | 63.28 | 1493.96 | 5879.02 | 12075.37 | 13912.56 | 129.31 | 98.08 | 12141.56 | 13920.31 |
| -2.76 | 524.39 | 0.31 | 30.31 | -2.43 | 515.56 | 1471.54 | 5898.92 | 62.08 | 63.45 | 1491.63 | 5880.62 | 12073.87 | 13916.89 | 129.62 | 98.33 | 12139.92 | 13924.30 |
| -2.74 | 524.51 | 0.32 | 30.38 | -2.41 | 515.61 | 1469.39 | 5900.80 | 62.11 | 63.62 | 1489.34 | 5882.25 | 12072.36 | 13921.36 | 129.92 | 98.58 | 12138.26 | 13928.36 |
| -2.75 | 524.55 | 0.32 | 30.46 | -2.42 | 516.35 | 1467.31 | 5902.98 | 62.13 | 63.87 | 1487.06 | 5886.57 | 12070.79 | 13925.59 | 130.25 | 98.86 | 12140.18 | 13935.65 |
| -2.74 | 524.71 | 0.32 | 30.52 | -2.41 | 516.46 | 1465.09 | 5904.71 | 62.16 | 64.03 | 1484.72 | 5888.10 | 12069.27 | 13930.13 | 130.56 | 99.10 | 12138.48 | 13939.81 |
| -2.72 | 524.89 | 0.32 | 30.58 | -2.39 | 516.58 | 1462.91 | 5906.59 | 62.19 | 64.20 | 1482.44 | 5889.80 | 12067.77 | 13934.48 | 130.86 | 99.35 | 12136.83 | 13943.83 |
| -2.70 | 525.07 | 0.32 | 30.65 | -2.36 | 516.70 | 1460.74 | 5908.53 | 62.22 | 64.36 | 1480.18 | 5891.49 | 12066.34 | 13939.05 | 131.15 | 99.59 | 12135.24 | 13947.99 |
| -2.69 | 525.24 | 0.32 | 30.71 | -2.36 | 516.76 | 1458.55 | 5910.44 | 62.25 | 64.53 | 1477.88 | 5893.18 | 12064.86 | 13943.46 | 131.45 | 99.83 | 12133.62 | 13952.02 |
| -2.67 | 525.41 | 0.32 | 30.77 | -2.34 | 516.83 | 1456.35 | 5912.37 | 62.27 | 64.70 | 1475.58 | 5894.86 | 12063.46 | 13948.04 | 131.74 | 100.08 | 12132.08 | 13956.19 |
| -2.66 | 525.57 | 0.32 | 30.83 | -2.32 | 516.89 | 1454.16 | 5914.30 | 62.30 | 64.86 | 1473.29 | 5896.53 | 12061.95 | 13952.47 | 132.03 | 100.32 | 12130.42 | 13960.22 |
| -2.64 | 525.75 | 0.32 | 30.89 | -2.31 | 516.96 | 1452.00 | 5916.25 | 62.33 | 65.03 | 1471.02 | 5898.22 | 12060.53 | 13957.04 | 132.32 | 100.56 | 12128.85 | 13964.36 |
| -2.63 | 525.89 | 0.32 | 30.95 | -2.29 | 517.00 | 1449.82 | 5918.19 | 62.36 | 65.19 | 1468.73 | 5899.87 | 12059.24 | 13961.62 | 132.61 | 100.80 | 12127.41 | 13968.52 |
| -2.61 | 526.06 | 0.32 | 31.01 | -2.27 | 517.06 | 1447.63 | 5920.12 | 62.38 | 65.35 | 1466.43 | 5901.52 | 12057.83 | 13966.23 | 132.89 | 101.05 | 12125.84 | 13972.70 |
| -2.62 | 526.09 | 0.32 | 31.12 | -2.28 | 518.84 | 1445.50 | 5921.93 | 62.41 | 65.54 | 1464.18 | 5905.74 | 12056.26 | 13970.63 | 133.21 | 101.29 | 12129.94 | 13980.28 |
| -2.60 | 526.33 | 0.32 | 31.18 | -2.26 | 519.03 | 1443.32 | 5923.86 | 62.43 | 65.70 | 1461.88 | 5907.43 | 12054.63 | 13975.07 | 133.50 | 101.52 | 12128.14 | 13984.35 |
| -2.59 | 526.48 | 0.33 | 31.24 | -2.25 | 519.12 | 1441.11 | 5925.82 | 62.46 | 65.85 | 1459.56 | 5909.16 | 12053.12 | 13979.52 | 133.78 | 101.75 | 12126.44 | 13988.42 |
| -2.57 | 526.65 | 0.33 | 31.30 | -2.24 | 519.21 | 1438.90 | 5927.80 | 62.48 | 66.01 | 1457.23 | 5910.87 | 12051.72 | 13984.18 | 134.06 | 101.98 | 12124.86 | 13992.64 |
| -2.57 | 526.79 | 0.33 | 31.36 | -2.23 | 519.28 | 1436.68 | 5929.75 | 62.51 | 66.17 | 1454.90 | 5912.56 | 12050.27 | 13988.75 | 134.33 | 102.21 | 12123.25 | 13996.78 |
| -2.56 | 526.94 | 0.33 | 31.42 | -2.22 | 519.34 | 1434.48 | 5931.72 | 62.54 | 66.32 | 1452.59 | 5914.25 | 12048.88 | 13993.41 | 134.60 | 102.43 | 12121.69 | 14000.97 |
| -2.54 | 527.08 | 0.33 | 31.49 | -2.20 | 519.40 | 1432.30 | 5933.65 | 62.56 | 66.48 | 1450.30 | 5915.88 | 12047.54 | 13998.03 | 134.86 | 102.66 | 12120.20 | 14005.14 |
| -2.53 | 527.24 | 0.33 | 31.55 | -2.19 | 519.46 | 1430.14 | 5935.34 | 62.59 | 66.63 | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|--------|------|-------|-------|--------|---------|---------|-------|-------|---------|---------|----------|----------|--------|--------|----------|----------|
| -2.37 | 529.50 | 0.34 | 32.77 | -2.02 | 521.36 | 1397.92 | 5965.42 | 62.98 | 68.92 | 1413.71 | 5946.31 | 12025.53 | 14073.31 | 138.92 | 106.00 | 12103.96 | 14078.09 |
| -2.35 | 529.67 | 0.34 | 32.82 | -2.00 | 521.37 | 1395.74 | 5967.50 | 63.01 | 69.05 | 1411.41 | 5948.02 | 12024.29 | 14078.18 | 139.15 | 106.18 | 12102.51 | 14082.35 |
| -2.35 | 529.84 | 0.34 | 32.86 | -2.00 | 521.36 | 1393.61 | 5969.58 | 63.04 | 69.18 | 1409.15 | 5949.76 | 12023.01 | 14082.95 | 139.37 | 106.37 | 12101.02 | 14086.54 |
| -2.33 | 530.01 | 0.34 | 32.91 | -1.98 | 521.36 | 1391.45 | 5971.63 | 63.07 | 69.31 | 1406.85 | 5951.44 | 12021.18 | 14086.92 | 139.59 | 106.57 | 12098.97 | 14089.89 |
| -2.30 | 530.18 | 0.34 | 32.95 | -1.95 | 521.38 | 1389.35 | 5973.72 | 63.09 | 69.44 | 1404.61 | 5953.17 | 12019.94 | 14091.77 | 139.80 | 106.79 | 12097.52 | 14094.18 |
| -2.30 | 530.35 | 0.34 | 33.00 | -1.95 | 521.39 | 1387.16 | 5975.74 | 63.12 | 69.57 | 1402.28 | 5954.81 | 12018.79 | 14096.85 | 140.02 | 106.97 | 12096.15 | 14098.62 |
| -2.30 | 530.51 | 0.34 | 33.04 | -1.94 | 521.39 | 1385.00 | 5977.77 | 63.15 | 69.70 | 1399.97 | 5956.47 | 12017.55 | 14101.76 | 140.23 | 107.15 | 12094.69 | 14102.90 |
| -2.29 | 530.66 | 0.34 | 33.08 | -1.93 | 521.39 | 1382.86 | 5979.81 | 63.17 | 69.82 | 1397.68 | 5958.12 | 12016.28 | 14106.69 | 140.44 | 107.32 | 12093.19 | 14107.18 |
| -2.29 | 530.86 | 0.34 | 33.20 | -1.94 | 521.56 | 1380.70 | 5981.81 | 63.20 | 69.94 | 1395.37 | 5960.98 | 12014.30 | 14111.72 | 140.70 | 107.50 | 12096.94 | 14113.77 |
| -2.27 | 531.01 | 0.34 | 33.25 | -1.91 | 521.58 | 1378.56 | 5983.90 | 63.22 | 70.05 | 1393.09 | 5962.67 | 12012.94 | 14116.60 | 140.92 | 107.67 | 12095.36 | 14118.00 |
| -2.25 | 531.20 | 0.34 | 33.29 | -1.90 | 521.60 | 1376.42 | 5986.29 | 63.25 | 70.17 | 1390.79 | 5964.68 | 12011.96 | 14121.44 | 141.13 | 107.84 | 12094.11 | 14122.22 |
| -2.24 | 531.37 | 0.34 | 33.33 | -1.88 | 521.62 | 1374.29 | 5988.32 | 63.27 | 70.29 | 1388.51 | 5966.31 | 12010.72 | 14126.08 | 141.33 | 108.01 | 12092.63 | 14126.20 |
| -2.22 | 531.53 | 0.34 | 33.36 | -1.87 | 521.62 | 1372.24 | 5990.34 | 63.30 | 70.41 | 1386.29 | 5967.94 | 12009.67 | 14131.00 | 141.53 | 108.17 | 12091.34 | 14130.46 |
| -2.21 | 531.69 | 0.35 | 33.40 | -1.86 | 521.63 | 1370.20 | 5992.36 | 63.32 | 70.52 | 1384.10 | 5969.56 | 12008.69 | 14136.12 | 141.72 | 108.34 | 12090.12 | 14134.93 |
| -2.20 | 531.84 | 0.35 | 33.44 | -1.84 | 521.63 | 1368.14 | 5994.39 | 63.34 | 70.64 | 1381.87 | 5971.19 | 12007.79 | 14141.28 | 141.91 | 108.49 | 12088.98 | 14139.49 |
| -2.18 | 531.99 | 0.35 | 33.48 | -1.82 | 521.63 | 1366.12 | 5996.46 | 63.36 | 70.75 | 1379.69 | 5972.84 | 12006.68 | 14146.15 | 142.09 | 108.66 | 12087.63 | 14143.78 |
| -2.17 | 532.16 | 0.35 | 33.51 | -1.81 | 521.64 | 1364.08 | 5998.52 | 63.38 | 70.86 | 1377.49 | 5974.49 | 12005.51 | 14151.07 | 142.28 | 108.84 | 12086.23 | 14148.12 |
| -2.15 | 532.33 | 0.35 | 33.55 | -1.79 | 521.65 | 1361.96 | 6000.57 | 63.40 | 70.98 | 1375.20 | 5976.12 | 12004.40 | 14156.13 | 142.46 | 109.02 | 12084.86 | 14152.55 |
| -2.14 | 532.63 | 0.35 | 33.59 | -1.78 | 523.06 | 1359.86 | 6002.60 | 63.41 | 71.10 | 1372.93 | 5980.28 | 12003.14 | 14161.18 | 142.74 | 109.21 | 12089.35 | 14160.74 |
| -2.13 | 532.79 | 0.35 | 33.63 | -1.77 | 523.04 | 1357.74 | 6004.82 | 63.41 | 71.20 | 1370.63 | 5982.02 | 12001.79 | 14166.08 | 142.94 | 109.35 | 12087.75 | 14164.99 |
| -2.11 | 532.92 | 0.35 | 33.67 | -1.75 | 523.01 | 1355.68 | 6006.84 | 63.41 | 71.32 | 1368.38 | 5983.70 | 12000.80 | 14171.08 | 143.13 | 109.51 | 12086.50 | 14169.42 |
| -2.10 | 533.08 | 0.35 | 33.71 | -1.74 | 522.97 | 1353.62 | 6009.04 | 63.41 | 71.42 | 1366.12 | 5985.42 | 11999.94 | 14176.58 | 143.30 | 109.65 | 12085.37 | 14174.22 |
| -2.11 | 533.23 | 0.35 | 33.74 | -1.75 | 522.91 | 1351.49 | 6011.07 | 63.39 | 71.53 | 1363.79 | 5987.05 | 11999.01 | 14181.72 | 143.48 | 109.79 | 12084.16 | 14178.72 |
| -2.08 | 533.39 | 0.35 | 33.77 | -1.72 | 522.87 | 1349.41 | 6013.20 | 63.37 | 71.63 | 1361.47 | 5988.70 | 11997.66 | 14186.45 | 143.65 | 109.93 | 12082.52 | 14182.75 |
| -2.07 | 533.57 | 0.35 | 33.80 | -1.71 | 522.86 | 1347.42 | 6015.28 | 63.33 | 71.73 | 1359.20 | 5990.36 | 11996.62 | 14191.54 | 143.81 | 110.08 | 12081.21 | 14187.23 |
| -2.05 | 533.74 | 0.35 | 33.83 | -1.68 | 522.82 | 1345.20 | 6017.40 | 63.29 | 71.83 | 1356.79 | 5992.01 | 11995.28 | 14196.31 | 143.97 | 110.23 | 12079.59 | 14191.36 |
| -2.03 | 533.90 | 0.35 | 33.85 | -1.67 | 522.79 | 1343.19 | 6019.50 | 63.24 | 71.94 | 1354.50 | 5993.68 | 11994.33 | 14201.53 | 144.13 | 110.37 | 12078.36 | 14195.94 |
| -2.03 | 534.06 | 0.35 | 33.88 | -1.66 | 522.76 | 1341.11 | 6021.66 | 63.19 | 72.03 | 1352.18 | 5995.37 | 11993.16 | 14206.63 | 144.28 | 110.51 | 12076.91 | 14200.38 |
| -2.03 | 533.95 | 0.35 | 33.94 | -1.67 | 523.56 | 1339.18 | 6023.45 | 63.12 | 72.16 | 1349.89 | 5999.10 | 11991.94 | 14211.69 | 144.51 | 110.68 | 12078.18 | 14208.46 |
| -2.01 | 534.14 | 0.35 | 33.97 | -1.64 | 523.73 | 1336.95 | 6025.70 | 63.06 | 72.24 | 1347.48 | 6001.00 | 11990.56 | 14216.60 | 144.67 | 110.79 | 12076.61 | 14212.90 |
| -2.00 | 534.38 | 0.35 | 33.99 | -1.64 | 523.87 | 1334.81 | 6027.82 | 62.99 | 72.34 | 1345.15 | 6002.82 | 11989.47 | 14221.69 | 144.83 | 110.94 | 12075.26 | 14217.51 |
| -1.99 | 534.58 | 0.35 | 34.01 | -1.62 | 523.97 | 1332.65 | 6030.05 | 62.92 | 72.43 | 1342.83 | 6004.64 | 11988.44 | 14226.87 | 144.98 | 111.05 | 12073.98 | 14222.09 |
| -1.97 | 534.80 | 0.35 | 34.04 | -1.60 | 524.06 | 1330.48 | 6032.18 | 62.84 | 72.52 | 1340.50 | 6006.39 | 11987.69 | 14232.44 | 145.13 | 111.17 | 12072.98 | 14227.06 |
| -1.95 | 535.01 | 0.35 | 34.06 | -1.59 | 524.13 | 1328.31 | 6034.39 | 62.76 | 72.61 | 1338.16 | 6008.16 | 11986.55 | 14237.43 | 145.27 | 111.28 | 12071.56 | 14231.42 |
| -1.94 | 535.20 | 0.35 | 34.08 | -1.58 | 524.15 | 1326.08 | 6036.53 | 62.68 | 72.70 | 1335.78 | 6009.87 | 11985.61 | 14242.78 | 145.40 | 111.39 | 12070.34 | 14236.23 |
| -1.92 | 535.42 | 0.36 | 34.10 | -1.56 | 524.20 | 1324.08 | 6038.72 | 62.59 | 72.79 | 1333.54 | 6011.60 | 11984.52 | 14247.85 | 145.54 | 111.50 | 12068.97 | 14240.68 |
| -1.91 | 535.59 | 0.36 | 34.12 | -1.55 | 524.21 | 1322.03 | 6040.89 | 62.50 | 72.87 | 1331.26 | 6013.31 | 11983.69 | 14253.45 | 145.66 | 111.62 | 12067.84 | 14245.64 |
| -1.90 | 535.82 | 0.36 | 34.13 | -1.54 | 524.24 | 1319.93 | 6043.10 | 62.41 | 72.96 | 1328.96 | 6015.03 | 11982.39 | 14258.17 | 145.79 | 111.72 | 12066.23 | 14249.75 |
| -1.89 | 535.87 | 0.36 | 34.17 | -1.53 | 524.76 | 1317.76 | 6044.96 | 62.31 | 73.07 | 1326.60 | 6020.09 | 11981.56 | 14263.54 | 145.91 | 111.85 | 12065.12 | 14260.12 |
| -1.89 | 536.14 | 0.36 | 34.18 | -1.52 | 524.79 | 1315.68 | 6046.90 | 62.22 | 73.15 | 1324.33 | 6021.58 | 11980.30 | 14268.37 | 146.03 | 111.94 | 12063.55 | 14264.32 |
| -1.87 | 536.24 | 0.36 | 34.21 | -1.51 | 524.78 | 1313.50 | 6049.11 | 62.12 | 73.23 | 1321.98 | 6023.34 | 11979.45 | 14273.89 | 146.15 | 112.05 | 12062.39 | 14269.11 |
| -1.86 | 536.52 | 0.36 | 34.22 | -1.49 | 524.79 | 1311.37 | 6051.37 | 62.03 | 73.31 | 1319.65 | 6025.10 | 11978.38 | 14278.92 | 146.26 | 112.14 | 12061.03 | 14273.43 |
| -1.84 | 536.64 | 0.36 | 34.24 | -1.47 | 524.76 | 1309.25 | 6053.61 | 61.93 | 73.38 | 1317.33 | 6026.85 | 11977.62 | 14284.52 | 146.37 | 112.24 | 12059.98 | 14278.28 |
| -1.82 | 536.90 | 0.36 | 34.26 | -1.45 | 524.78 | 1307.13 | 6055.86 | 61.83 | 73.46 | 1315.01 | 6028.58 | 11976.59 | 14289.60 | 146.48 | 112.32 | 12058.67 | 14282.63 |
| -1.81 | 537.05 | 0.36 | 34.27 | -1.44 | 524.74 | 1305.02 | 6058.09 | 61.74 | 73.54 | 1312.71 | 6030.31 | 11975.62 | 14295.02 | 146.58 | 112.41 | 12057.43 | 14287.26 |
| -1.80 | 537.24 | 0.36 | 34.29 | -1.43 | 524.73 | 1302.93 | 6060.33 | 61.65 | 73.61 | 1310.45 | 6032.03 | 11974.54 | 14300.16 | 146.68 | 112.50 | 12056.08 | 14291.63 |
| -1.78 | 537.37 | 0.36 | 34.31 | -1.42 | 524.67 | 1300.84 | 6062.95 | 61.55 | 73.68 | 1308.18 | 6034.13 | 11973.55 | 14305.54 | 146.78 | 112.58 | 12054.81 | 14296.26 |
| -1.76 | 537.55 | 0.36 | 34.32 | -1.39 | 524.65 | 1298.77 | 6064.66 | 61.46 | 73.75 | 1305.94 | 6035.33 | 11972.41 | 14310.65 | 146.87 | 112.66 | 12053.41 | 14300.66 |
| -1.77 | 537.28 | 0.36 | 34.41 | -1.40 | 526.89 | 1296.58 | 6067.19 | 61.02 | 73.81 | 1309.51 | 6042.72 | 11970.54 | 14314.76 | 146.78 | 112.67 | 12059.96 | 14313.60 |
| -1.75 | 537.42 | 0.36 | 34.44 | -1.38 | 526.95 | 1294.89 | 6068.76 | 60.92 | 73.90 | 1307.17 | 6044.14 | 11969.62 | 14319.95 | 146.88 | 112.77 | 12058.37 | 14318.36 |
| -1.73 | 537.73 | 0.36 | 34.45 | -1.36 | 527.09 | 1292.46 | 6071.46 | 60.83 | 73.95 | 1304.67 | 6046.43 | 11968.20 | 14325.25 | 146.97 | 112.86 | 12056.79 | 14323.05 |
| -1.72 | 538.01 | 0.36 | 34.46 | -1.35 | 527.19 | 1290.43 | 6073.66 | 60.74 | 74.02 | 1302.39 | 6048.28 | 11966.67 | 14329.60 | 147.05 | 112.93 | 12054.94 | 14326.88 |
| -1.70 | 538.27 | 0.36 | 34.47 | -1.33 | 527.27 | 1288.37 | 6075.48 | 60.65 | 74.08 | 1300.19 | 6049.66 | 11965.77 | 14334.91 | 147.12 | 113.02 | 12053.78 | 14331.57 |
| -1.68 | 538.51 | 0.36 | 34.48 | -1.32 | 527.32 | 1286.34 | 6077.70 | 60.56 | 74.14 | 1297.98 | 6051.45 | 11964.46 | 14339.48 | 147.20 | 113.09 | 12052.21 | 14335.45 |
| -1.67 | 538.71 | 0.36 | 34.49 | -1.30 | 527.35 | 1284.30 | 6079.94 | 60.47 | 74.20 | 1295.81 | 6053.20 | 11964.21 | 14346.25 | 147.26 | 113.15 | 12051.70 | 14341.48 |
| -1.66 | 538.91 | 0.36 | 34.50 | -1.29 | 527.37 | 1282.24 | 6082.17 | 60.38 | 74.26 | 1293.60 | 6054.95 | 11963.32 | 14351.36 | 147.32 | 113.21 | 12050.55 | 14345.87 |
| -1.64 | 539.08 | 0.36 | 34.51 | -1.27 | 527.37 | 1280.21 | 6084.47 | 60.29 | 74.32 | 1291.45 | 6056.74 | 11962.44 | 14356.75 | 147.38 | 113.27 | 12049.41 | 14350.56 |
| -1.63 | 539.26 | 0.36 | 34.52 | -1.26 | 527.37 | 1278.15 | 6086.74 | 60.21 | 74.37 | 1289.25 | 6058.51 | 11961.41 | 14361.80 | 147.44 | 113.32 | 12048.11 | 14354.89 |
| -1.62 | 539.23 | 0.36 | 34.56 | -1.25 | 528.06 | 1276.08 | 6088.66 | 60.12 | 74.45 | 1287.07 | 6062.69 | 11960.57 | 14367.04 | 147.50 | 113.38 | 12047.03 | 14366.77 |
| -1.60 | 539.46 | 0.36 | 34.57 | -1.24 | 528.18 | 1274.07 | 6091.47 | 60.04 | 74.50 | 1284.93 | 6065.03 | 11959.49 | 14372.33 | 147.55 | 113.43 | 12045.70 | 14371.35 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|--------|------|-------|-------|--------|---------|---------|-------|-------|---------|---------|----------|----------|--------|--------|----------|----------|
| -1.36 | 542.62 | 0.36 | 34.64 | -0.99 | 529.94 | 1242.61 | 6126.84 | 58.60 | 75.14 | 1251.18 | 6095.75 | 11944.42 | 14457.67 | 147.95 | 113.95 | 12026.04 | 14448.67 |
| -1.34 | 542.84 | 0.36 | 34.63 | -0.97 | 529.98 | 1240.69 | 6129.07 | 58.50 | 75.17 | 1249.12 | 6097.55 | 11943.70 | 14463.15 | 147.94 | 113.96 | 12025.02 | 14453.38 |
| -1.32 | 543.00 | 0.36 | 34.63 | -0.95 | 530.01 | 1238.76 | 6131.44 | 58.41 | 75.19 | 1247.05 | 6099.31 | 11942.68 | 14468.49 | 147.94 | 113.97 | 12023.67 | 14457.74 |
| -1.34 | 542.86 | 0.36 | 34.66 | -0.97 | 532.39 | 1236.82 | 6133.06 | 58.32 | 75.39 | 1244.98 | 6104.12 | 11941.40 | 14473.70 | 147.92 | 114.00 | 12022.09 | 14469.74 |
| -1.32 | 543.14 | 0.36 | 34.66 | -0.95 | 532.63 | 1234.89 | 6135.61 | 58.23 | 75.38 | 1242.92 | 6106.09 | 11941.01 | 14479.83 | 147.91 | 113.97 | 12021.41 | 14474.85 |
| -1.29 | 543.38 | 0.36 | 34.64 | -0.93 | 532.78 | 1232.97 | 6137.75 | 58.14 | 75.41 | 1240.87 | 6107.99 | 11940.05 | 14484.89 | 147.89 | 114.00 | 12020.14 | 14479.31 |
| -1.27 | 543.66 | 0.36 | 34.63 | -0.90 | 532.90 | 1231.10 | 6139.76 | 58.06 | 75.41 | 1238.87 | 6109.39 | 11939.71 | 14490.88 | 147.87 | 113.97 | 12019.49 | 14484.36 |
| -1.25 | 543.91 | 0.36 | 34.61 | -0.88 | 532.99 | 1229.06 | 6142.43 | 57.97 | 75.43 | 1236.70 | 6111.70 | 11938.55 | 14495.81 | 147.85 | 113.98 | 12018.02 | 14488.57 |
| -1.25 | 544.14 | 0.36 | 34.60 | -0.88 | 533.03 | 1227.14 | 6144.95 | 57.88 | 75.43 | 1234.63 | 6113.56 | 11938.05 | 14501.54 | 147.82 | 113.96 | 12017.20 | 14493.38 |
| -1.23 | 544.36 | 0.36 | 34.58 | -0.86 | 533.05 | 1225.29 | 6146.61 | 57.79 | 75.45 | 1232.64 | 6114.83 | 11937.42 | 14507.56 | 147.79 | 113.96 | 12016.25 | 14498.58 |
| -1.21 | 544.59 | 0.36 | 34.57 | -0.84 | 533.07 | 1223.37 | 6149.08 | 57.69 | 75.45 | 1230.57 | 6116.62 | 11936.61 | 14512.71 | 147.76 | 113.93 | 12015.12 | 14502.81 |
| -1.19 | 544.79 | 0.36 | 34.55 | -0.82 | 533.07 | 1221.48 | 6151.29 | 57.60 | 75.47 | 1228.53 | 6118.40 | 11936.35 | 14519.09 | 147.72 | 113.93 | 12014.54 | 14508.17 |
| -1.17 | 544.99 | 0.36 | 34.54 | -0.80 | 533.05 | 1219.58 | 6153.73 | 57.51 | 75.47 | 1226.47 | 6120.16 | 11935.21 | 14524.19 | 147.68 | 113.90 | 12013.06 | 14512.25 |
| -1.16 | 544.96 | 0.36 | 34.54 | -0.79 | 533.48 | 1217.56 | 6155.82 | 57.41 | 75.52 | 1224.29 | 6124.36 | 11934.09 | 14529.65 | 147.81 | 113.89 | 12014.02 | 14522.12 |
| -1.14 | 545.11 | 0.36 | 34.54 | -0.77 | 533.48 | 1215.64 | 6158.12 | 57.32 | 75.53 | 1222.22 | 6126.16 | 11932.95 | 14534.67 | 147.77 | 113.88 | 12012.63 | 14526.27 |
| -1.12 | 545.36 | 0.36 | 34.52 | -0.75 | 533.50 | 1213.74 | 6160.94 | 57.23 | 75.53 | 1220.16 | 6128.37 | 11932.16 | 14540.28 | 147.73 | 113.85 | 12011.51 | 14530.81 |
| -1.10 | 545.61 | 0.36 | 34.50 | -0.74 | 533.51 | 1211.97 | 6162.76 | 57.13 | 75.53 | 1218.22 | 6129.61 | 11931.00 | 14544.91 | 147.68 | 113.83 | 12010.05 | 14534.53 |
| -1.09 | 545.84 | 0.36 | 34.48 | -0.72 | 533.50 | 1210.04 | 6165.49 | 57.04 | 75.53 | 1216.15 | 6131.74 | 11930.31 | 14550.70 | 147.62 | 113.80 | 12009.03 | 14539.42 |
| -1.07 | 546.08 | 0.36 | 34.47 | -0.70 | 533.50 | 1208.28 | 6167.41 | 56.95 | 75.53 | 1214.23 | 6133.12 | 11929.53 | 14555.79 | 147.56 | 113.77 | 12007.91 | 14543.73 |
| -1.06 | 546.27 | 0.36 | 34.45 | -0.69 | 533.47 | 1206.32 | 6170.20 | 56.85 | 75.51 | 1212.11 | 6135.32 | 11929.12 | 14561.67 | 147.50 | 113.74 | 12007.15 | 14548.64 |
| -1.04 | 546.49 | 0.36 | 34.43 | -0.67 | 533.47 | 1204.58 | 6172.00 | 56.74 | 75.51 | 1210.19 | 6136.56 | 11928.39 | 14567.42 | 147.43 | 113.70 | 12006.05 | 14553.51 |
| -1.02 | 546.66 | 0.36 | 34.41 | -0.66 | 533.43 | 1202.68 | 6174.74 | 56.63 | 75.51 | 1208.09 | 6138.73 | 11927.82 | 14572.92 | 147.36 | 113.67 | 12005.12 | 14558.09 |
| -1.01 | 546.87 | 0.36 | 34.40 | -0.64 | 533.41 | 1200.94 | 6176.98 | 56.50 | 75.50 | 1206.12 | 6140.41 | 11927.07 | 14578.32 | 147.28 | 113.62 | 12004.01 | 14562.59 |
| -0.99 | 546.76 | 0.36 | 34.40 | -0.62 | 533.99 | 1199.16 | 6178.84 | 56.38 | 75.60 | 1204.13 | 6144.12 | 11926.64 | 14584.66 | 147.20 | 113.60 | 12003.21 | 14575.11 |
| -0.97 | 547.03 | 0.36 | 34.37 | -0.61 | 534.04 | 1197.36 | 6181.12 | 56.24 | 75.59 | 1202.16 | 6145.97 | 11925.70 | 14589.06 | 147.12 | 113.52 | 12001.94 | 14578.87 |
| -0.96 | 547.23 | 0.36 | 34.36 | -0.59 | 534.07 | 1195.38 | 6183.40 | 56.11 | 75.58 | 1200.03 | 6147.78 | 11925.22 | 14595.15 | 147.04 | 113.48 | 12001.09 | 14584.04 |
| -0.94 | 547.49 | 0.36 | 34.33 | -0.58 | 534.08 | 1193.52 | 6185.67 | 55.97 | 75.56 | 1198.01 | 6149.53 | 11924.46 | 14600.65 | 146.95 | 113.43 | 11999.96 | 14588.69 |
| -0.92 | 547.71 | 0.36 | 34.31 | -0.56 | 534.09 | 1191.52 | 6187.89 | 55.82 | 75.55 | 1195.84 | 6151.30 | 11923.97 | 14606.45 | 146.86 | 113.38 | 11999.08 | 14593.08 |
| -0.91 | 547.97 | 0.36 | 34.28 | -0.54 | 534.12 | 1189.64 | 6190.20 | 55.66 | 75.52 | 1193.78 | 6153.00 | 11923.29 | 14611.90 | 146.77 | 113.31 | 11998.02 | 14597.51 |
| -0.89 | 548.17 | 0.36 | 34.26 | -0.53 | 534.11 | 1187.68 | 6192.36 | 55.50 | 75.51 | 1191.59 | 6154.77 | 11922.14 | 14617.22 | 146.67 | 113.26 | 11996.46 | 14601.99 |
| -0.88 | 548.40 | 0.36 | 34.23 | -0.51 | 534.11 | 1185.98 | 6194.75 | 55.32 | 75.48 | 1189.66 | 6156.47 | 11921.55 | 14622.74 | 146.57 | 113.19 | 11995.48 | 14606.47 |
| -0.86 | 548.57 | 0.36 | 34.21 | -0.50 | 534.07 | 1184.10 | 6196.99 | 55.14 | 75.47 | 1187.52 | 6158.33 | 11920.94 | 14628.40 | 146.47 | 113.14 | 11994.45 | 14611.34 |
| -0.84 | 548.80 | 0.36 | 34.19 | -0.48 | 534.07 | 1182.41 | 6199.39 | 54.95 | 75.44 | 1185.61 | 6160.03 | 11920.76 | 14634.01 | 146.36 | 113.06 | 11993.87 | 14615.79 |
| -0.84 | 547.97 | 0.36 | 34.12 | -0.48 | 535.65 | 1180.45 | 6201.21 | 54.77 | 75.46 | 1183.42 | 6164.64 | 11919.30 | 14639.49 | 146.25 | 113.08 | 11991.99 | 14630.08 |
| -0.82 | 548.53 | 0.36 | 34.08 | -0.46 | 536.10 | 1178.41 | 6203.71 | 54.58 | 75.42 | 1181.23 | 6166.63 | 11918.95 | 14645.48 | 146.14 | 113.01 | 11991.23 | 14635.01 |
| -0.80 | 548.86 | 0.36 | 34.06 | -0.44 | 536.19 | 1176.69 | 6205.85 | 54.38 | 75.41 | 1179.22 | 6168.42 | 11918.36 | 14650.89 | 146.02 | 112.94 | 11990.22 | 14639.59 |
| -0.78 | 549.14 | 0.36 | 34.03 | -0.42 | 536.21 | 1174.96 | 6208.32 | 54.18 | 75.37 | 1177.23 | 6170.34 | 11917.50 | 14655.98 | 145.91 | 112.87 | 11988.94 | 14643.44 |
| -0.77 | 549.39 | 0.36 | 34.00 | -0.40 | 536.19 | 1173.15 | 6210.52 | 53.99 | 75.35 | 1175.18 | 6172.12 | 11917.08 | 14661.87 | 145.78 | 112.81 | 11988.10 | 14648.50 |
| -0.75 | 549.64 | 0.36 | 33.97 | -0.39 | 536.16 | 1171.26 | 6212.89 | 53.80 | 75.32 | 1173.10 | 6173.90 | 11916.00 | 14666.88 | 145.66 | 112.73 | 11986.60 | 14652.50 |
| -0.73 | 549.88 | 0.35 | 33.94 | -0.37 | 536.11 | 1169.32 | 6215.11 | 53.60 | 75.29 | 1170.99 | 6175.65 | 11915.31 | 14672.42 | 145.53 | 112.66 | 11985.47 | 14657.10 |
| -0.71 | 550.08 | 0.35 | 33.92 | -0.35 | 536.03 | 1167.37 | 6217.45 | 53.41 | 75.26 | 1168.87 | 6177.40 | 11914.63 | 14677.89 | 145.39 | 112.58 | 11984.36 | 14661.54 |
| -0.70 | 550.29 | 0.35 | 33.89 | -0.34 | 535.95 | 1165.48 | 6219.70 | 53.22 | 75.23 | 1166.78 | 6179.12 | 11913.41 | 14683.25 | 145.26 | 112.50 | 11982.70 | 14665.82 |
| -0.68 | 550.50 | 0.35 | 33.86 | -0.32 | 535.87 | 1163.60 | 6222.05 | 53.02 | 75.19 | 1164.69 | 6180.88 | 11913.20 | 14689.02 | 145.12 | 112.43 | 11982.04 | 14670.48 |
| -0.66 | 550.74 | 0.35 | 33.82 | -0.31 | 535.80 | 1161.75 | 6224.33 | 52.83 | 75.15 | 1162.63 | 6183.80 | 11912.81 | 14696.42 | 144.97 | 112.32 | 11981.21 | 14684.88 |
| -0.65 | 550.94 | 0.35 | 33.79 | -0.29 | 535.72 | 1159.97 | 6226.58 | 52.64 | 75.11 | 1160.60 | 6185.46 | 11912.34 | 14702.19 | 144.82 | 112.24 | 11980.29 | 14689.29 |
| -0.63 | 551.14 | 0.35 | 33.76 | -0.27 | 535.63 | 1158.20 | 6228.88 | 52.44 | 75.07 | 1158.59 | 6187.15 | 11911.68 | 14707.24 | 144.67 | 112.11 | 11979.18 | 14693.06 |
| -0.61 | 551.31 | 0.35 | 33.72 | -0.26 | 535.53 | 1156.45 | 6231.24 | 52.25 | 75.03 | 1156.60 | 6188.88 | 11911.17 | 14712.78 | 144.52 | 112.02 | 11978.22 | 14697.30 |
| -0.60 | 551.48 | 0.35 | 33.69 | -0.24 | 535.41 | 1154.70 | 6233.53 | 52.06 | 74.99 | 1154.61 | 6190.59 | 11910.44 | 14717.96 | 144.36 | 111.91 | 11977.03 | 14701.32 |
| -0.58 | 551.67 | 0.35 | 33.65 | -0.22 | 535.33 | 1152.96 | 6235.86 | 51.87 | 74.94 | 1152.62 | 6192.29 | 11909.85 | 14723.75 | 144.20 | 111.82 | 11975.98 | 14705.94 |
| -0.56 | 551.83 | 0.35 | 33.61 | -0.21 | 535.21 | 1151.21 | 6238.13 | 51.68 | 74.90 | 1150.64 | 6193.98 | 11909.51 | 14729.07 | 144.04 | 111.72 | 11975.17 | 14710.21 |
| -0.55 | 552.03 | 0.35 | 33.57 | -0.19 | 535.12 | 1149.43 | 6240.43 | 51.49 | 74.85 | 1148.63 | 6195.65 | 11908.58 | 14734.29 | 143.87 | 111.62 | 11973.77 | 14714.31 |
| -0.53 | 552.18 | 0.35 | 33.54 | -0.18 | 534.99 | 1147.67 | 6242.73 | 51.30 | 74.80 | 1146.65 | 6197.35 | 11908.17 | 14739.86 | 143.70 | 111.50 | 11972.89 | 14718.73 |
| -0.51 | 552.36 | 0.35 | 33.50 | -0.16 | 534.89 | 1145.92 | 6245.04 | 51.12 | 74.75 | 1144.68 | 6199.03 | 11907.46 | 14745.40 | 143.53 | 111.39 | 11971.70 | 14723.01 |
| -0.50 | 552.46 | 0.35 | 33.45 | -0.15 | 536.77 | 1144.17 | 6247.05 | 50.93 | 74.69 | 1142.70 | 6204.43 | 11907.32 | 14751.78 | 143.36 | 111.35 | 11971.08 | 14739.40 |
| -0.48 | 552.67 | 0.35 | 33.40 | -0.13 | 536.74 | 1142.53 | 6249.34 | 50.74 | 74.63 | 1140.85 | 6206.00 | 11906.76 | 14757.38 | 143.18 | 111.18 | 11970.03 | 14743.73 |
| -0.47 | 552.87 | 0.35 | 33.36 | -0.12 | 536.69 | 1140.80 | 6251.59 | 50.56 | 74.58 | 1138.91 | 6207.66 | 11906.09 | 14763.00 | 142.99 | 111.04 | 11968.86 | 14748.09 |
| -0.45 | 553.08 | 0.35 | 33.32 | -0.10 | 536.65 | 1139.08 | 6254.05 | 50.37 | 74.51 | 1136.97 | 6209.42 | 11905.45 | 14768.12 | 142.81 | 110.89 | 11967.73 | 14751.73 |
| -0.44 | 553.30 | 0.35 | 33.27 | -0.08 | 536.57 | 1137.29 | 6256.91 | 50.18 | 74.45 | 1134.97 | 6211.64 | 11904.64 | 14773.57 | 142.62 | 110.79 | 11966.42 | 14755.98 |
| -0.42 | 553.52 | 0.35 | 33.22 | -0.07 | 536.50 | 1135.62 | 6259.23 | 50.00 | 74.39 | 1133.08 | 6213.31 | 11904.31 | 14779.40 | 142.43 | 110.68 | 11965.57 | 14760.66 |
| -0.40 | 553.73 | 0.35 | 33.16 | -0.05 | 536.43 | 1133.94 | 6261.56 | 49.81 | 74.33 | 1131.19 | 6215.03 | 11903.28 | 14784.79 | 142.23 | 110.55 | 11964.03 | 14764.93 |
| -0.38 | 553.92 | 0.35 | 33.11 | -0.04 | 536.33 | | | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|--------|------|-------|------|--------|---------|---------|-------|-------|---------|---------|----------|----------|--------|--------|----------|----------|
| -0.14 | 556.46 | 0.34 | 32.24 | 0.20 | 537.58 | 1107.78 | 6297.79 | 46.94 | 73.30 | 1101.36 | 6251.96 | 11895.33 | 14875.10 | 138.64 | 108.23 | 11947.17 | 14855.05 |
| -0.12 | 556.74 | 0.34 | 32.16 | 0.22 | 537.56 | 1106.21 | 6300.19 | 46.77 | 73.19 | 1099.56 | 6253.73 | 11894.97 | 14881.04 | 138.39 | 108.04 | 11946.20 | 14860.01 |
| -0.10 | 556.95 | 0.34 | 32.09 | 0.24 | 537.51 | 1104.61 | 6302.51 | 46.59 | 73.10 | 1097.72 | 6255.42 | 11894.46 | 14886.48 | 138.13 | 107.86 | 11945.07 | 14864.37 |
| -0.08 | 557.19 | 0.33 | 32.02 | 0.26 | 537.46 | 1103.05 | 6304.86 | 46.42 | 73.01 | 1095.93 | 6257.12 | 11893.94 | 14891.65 | 137.88 | 107.67 | 11943.93 | 14868.52 |
| -0.06 | 557.40 | 0.33 | 31.95 | 0.27 | 537.38 | 1101.51 | 6307.20 | 46.25 | 72.91 | 1094.17 | 6258.79 | 11893.56 | 14897.68 | 137.62 | 107.49 | 11942.91 | 14873.38 |
| -0.04 | 557.61 | 0.33 | 31.88 | 0.29 | 537.29 | 1100.00 | 6309.57 | 46.08 | 72.81 | 1092.43 | 6260.49 | 11893.45 | 14903.29 | 137.35 | 107.30 | 11942.14 | 14877.94 |
| -0.03 | 557.83 | 0.33 | 31.81 | 0.31 | 537.21 | 1098.46 | 6311.59 | 45.91 | 72.71 | 1090.62 | 6261.88 | 11892.63 | 14908.78 | 137.09 | 107.11 | 11940.66 | 14882.32 |
| -0.01 | 558.03 | 0.33 | 31.74 | 0.33 | 537.10 | 1096.91 | 6314.14 | 45.73 | 72.61 | 1088.81 | 6263.78 | 11892.76 | 14914.75 | 136.82 | 106.93 | 11940.14 | 14887.27 |
| 0.01 | 557.81 | 0.33 | 31.71 | 0.34 | 541.18 | 1095.42 | 6316.37 | 45.56 | 72.56 | 1087.05 | 6270.65 | 11891.36 | 14918.70 | 136.55 | 106.78 | 11938.09 | 14900.22 |
| 0.03 | 558.05 | 0.33 | 31.65 | 0.36 | 541.28 | 1093.92 | 6318.36 | 45.38 | 72.46 | 1085.27 | 6272.34 | 11891.17 | 14925.24 | 136.28 | 106.56 | 11937.25 | 14905.87 |
| 0.05 | 558.33 | 0.33 | 31.58 | 0.38 | 541.31 | 1092.42 | 6320.71 | 45.20 | 72.35 | 1083.49 | 6274.20 | 11891.12 | 14931.11 | 136.00 | 106.37 | 11936.56 | 14910.84 |
| 0.06 | 558.62 | 0.33 | 31.50 | 0.39 | 541.33 | 1090.92 | 6323.11 | 45.02 | 72.23 | 1081.72 | 6276.01 | 11890.88 | 14937.35 | 135.72 | 106.17 | 11935.65 | 14915.97 |
| 0.08 | 558.95 | 0.33 | 31.43 | 0.41 | 541.35 | 1089.41 | 6325.50 | 44.85 | 72.12 | 1079.93 | 6277.77 | 11890.08 | 14942.61 | 135.44 | 105.95 | 11934.18 | 14920.13 |
| 0.10 | 559.23 | 0.33 | 31.35 | 0.43 | 541.31 | 1087.93 | 6327.83 | 44.67 | 71.99 | 1078.17 | 6279.45 | 11889.82 | 14948.75 | 135.15 | 105.74 | 11933.23 | 14925.26 |
| 0.11 | 559.48 | 0.33 | 31.27 | 0.44 | 541.24 | 1086.45 | 6330.00 | 44.49 | 71.87 | 1076.42 | 6280.95 | 11889.58 | 14954.23 | 134.86 | 105.52 | 11932.30 | 14929.48 |
| 0.13 | 559.72 | 0.33 | 31.20 | 0.46 | 541.14 | 1084.98 | 6332.30 | 44.31 | 71.75 | 1074.68 | 6282.58 | 11889.25 | 14959.86 | 134.56 | 105.28 | 11931.28 | 14933.76 |
| 0.15 | 559.95 | 0.33 | 31.12 | 0.48 | 541.05 | 1083.53 | 6334.68 | 44.14 | 71.63 | 1072.96 | 6284.29 | 11889.08 | 14965.52 | 134.27 | 105.07 | 11930.42 | 14938.15 |
| 0.17 | 560.16 | 0.32 | 31.04 | 0.49 | 540.93 | 1082.08 | 6337.00 | 43.96 | 71.50 | 1071.24 | 6285.92 | 11888.83 | 14971.28 | 133.97 | 104.85 | 11929.49 | 14942.62 |
| 0.19 | 560.47 | 0.32 | 31.16 | 0.51 | 543.49 | 1080.63 | 6339.19 | 43.78 | 71.41 | 1069.51 | 6293.21 | 11888.90 | 14977.56 | 133.66 | 104.68 | 11928.88 | 14957.83 |
| 0.20 | 560.60 | 0.32 | 31.08 | 0.53 | 543.51 | 1079.18 | 6341.51 | 43.61 | 71.28 | 1067.79 | 6295.22 | 11887.98 | 14982.45 | 133.36 | 104.41 | 11927.29 | 14961.76 |
| 0.22 | 560.77 | 0.32 | 31.00 | 0.54 | 543.63 | 1077.72 | 6343.75 | 43.43 | 71.16 | 1066.07 | 6297.17 | 11886.47 | 14985.97 | 133.05 | 104.56 | 11925.10 | 14966.00 |
| 0.24 | 560.96 | 0.32 | 30.93 | 0.56 | 543.73 | 1076.31 | 6346.13 | 43.25 | 71.02 | 1064.38 | 6299.09 | 11886.25 | 14991.99 | 132.74 | 104.31 | 11924.22 | 14971.04 |
| 0.25 | 561.07 | 0.32 | 30.86 | 0.57 | 543.75 | 1074.87 | 6348.32 | 43.08 | 70.90 | 1062.67 | 6300.85 | 11885.88 | 14997.84 | 132.42 | 104.09 | 11923.18 | 14975.87 |
| 0.27 | 561.25 | 0.32 | 30.78 | 0.59 | 543.78 | 1073.46 | 6350.66 | 42.90 | 70.77 | 1060.97 | 6302.59 | 11885.98 | 15004.14 | 132.11 | 103.85 | 11922.60 | 14981.07 |
| 0.29 | 561.41 | 0.32 | 30.71 | 0.61 | 543.77 | 1072.11 | 6352.86 | 42.71 | 70.64 | 1059.31 | 6304.27 | 11886.06 | 15010.32 | 131.79 | 103.62 | 11922.00 | 14986.21 |
| 0.31 | 561.58 | 0.32 | 30.63 | 0.62 | 543.71 | 1070.86 | 6355.21 | 42.53 | 70.51 | 1057.68 | 6305.97 | 11885.28 | 15016.20 | 131.46 | 103.37 | 11920.54 | 14991.02 |
| 0.33 | 561.73 | 0.32 | 30.56 | 0.64 | 543.62 | 1069.65 | 6357.33 | 42.34 | 70.38 | 1056.09 | 6307.49 | 11885.04 | 15022.05 | 131.13 | 103.14 | 11919.61 | 14995.70 |
| 0.34 | 561.91 | 0.32 | 30.48 | 0.66 | 543.54 | 1068.31 | 6359.69 | 42.15 | 70.24 | 1054.44 | 6309.13 | 11884.89 | 15027.90 | 130.80 | 102.88 | 11918.77 | 15000.34 |
| 0.35 | 562.29 | 0.32 | 30.42 | 0.67 | 544.45 | 1066.90 | 6362.01 | 41.97 | 70.11 | 1052.76 | 6314.47 | 11884.84 | 15034.59 | 130.46 | 102.75 | 11918.02 | 15014.31 |
| 0.37 | 562.48 | 0.31 | 30.34 | 0.69 | 544.33 | 1065.43 | 6364.32 | 41.79 | 69.97 | 1051.06 | 6316.06 | 11884.37 | 15039.89 | 130.12 | 102.44 | 11916.85 | 15018.42 |
| 0.39 | 562.62 | 0.31 | 30.27 | 0.70 | 544.12 | 1063.92 | 6366.56 | 41.61 | 69.84 | 1049.34 | 6317.70 | 11884.33 | 15045.85 | 129.78 | 102.23 | 11916.11 | 15023.17 |
| 0.41 | 562.77 | 0.31 | 30.19 | 0.72 | 543.93 | 1062.46 | 6368.91 | 41.43 | 69.69 | 1047.66 | 6319.28 | 11883.77 | 15051.64 | 129.44 | 101.94 | 11914.84 | 15027.69 |
| 0.43 | 562.96 | 0.31 | 30.12 | 0.74 | 543.79 | 1061.00 | 6370.97 | 41.25 | 69.56 | 1045.97 | 6320.77 | 11884.16 | 15057.12 | 129.10 | 101.51 | 11914.53 | 15031.77 |
| 0.45 | 563.13 | 0.31 | 30.04 | 0.76 | 543.62 | 1059.56 | 6373.43 | 41.07 | 69.42 | 1044.30 | 6322.40 | 11883.81 | 15062.61 | 128.75 | 101.23 | 11913.46 | 15036.04 |
| 0.47 | 563.29 | 0.31 | 29.96 | 0.78 | 543.47 | 1058.14 | 6375.55 | 40.88 | 69.28 | 1042.63 | 6323.98 | 11883.67 | 15067.79 | 128.40 | 101.00 | 11912.61 | 15040.07 |
| 0.49 | 563.50 | 0.31 | 29.88 | 0.79 | 543.33 | 1056.74 | 6378.09 | 40.69 | 69.14 | 1040.98 | 6325.66 | 11883.27 | 15073.26 | 128.06 | 100.73 | 11911.51 | 15043.93 |
| 0.51 | 563.63 | 0.31 | 29.80 | 0.81 | 543.16 | 1055.34 | 6380.11 | 40.49 | 69.00 | 1039.32 | 6327.12 | 11883.04 | 15078.38 | 127.70 | 100.48 | 11910.56 | 15047.86 |
| 0.52 | 563.86 | 0.31 | 29.72 | 0.83 | 543.05 | 1053.93 | 6382.62 | 40.29 | 68.85 | 1037.68 | 6328.71 | 11882.61 | 15084.01 | 127.34 | 100.22 | 11909.40 | 15052.17 |
| 0.52 | 563.75 | 0.31 | 29.67 | 0.82 | 543.63 | 1052.42 | 6384.41 | 40.09 | 68.72 | 1035.97 | 6332.26 | 11882.19 | 15089.12 | 126.98 | 100.42 | 11908.22 | 15066.79 |
| 0.54 | 564.00 | 0.31 | 29.58 | 0.84 | 543.54 | 1050.98 | 6386.56 | 39.88 | 68.55 | 1034.28 | 6333.55 | 11881.24 | 15094.44 | 126.62 | 100.12 | 11906.50 | 15070.75 |
| 0.56 | 564.16 | 0.30 | 29.50 | 0.86 | 543.41 | 1049.55 | 6388.49 | 39.66 | 68.41 | 1032.58 | 6335.07 | 11881.16 | 15099.87 | 126.25 | 99.88 | 11905.64 | 15075.31 |
| 0.58 | 564.41 | 0.30 | 29.41 | 0.88 | 543.30 | 1048.18 | 6391.51 | 39.44 | 68.25 | 1030.91 | 6337.16 | 11880.94 | 15105.87 | 125.88 | 99.60 | 11904.66 | 15079.70 |
| 0.60 | 564.63 | 0.30 | 29.33 | 0.90 | 543.20 | 1046.80 | 6393.20 | 39.22 | 68.10 | 1029.23 | 6338.39 | 11880.60 | 15110.95 | 125.51 | 99.36 | 11903.55 | 15083.83 |
| 0.62 | 564.90 | 0.30 | 29.23 | 0.92 | 543.11 | 1045.38 | 6395.84 | 38.99 | 67.94 | 1027.53 | 6340.03 | 11880.53 | 15117.15 | 125.13 | 99.08 | 11902.72 | 15088.55 |
| 0.64 | 565.09 | 0.30 | 29.15 | 0.94 | 542.99 | 1043.95 | 6398.01 | 38.76 | 67.79 | 1025.83 | 6341.74 | 11881.09 | 15123.75 | 124.76 | 98.83 | 11902.52 | 15094.18 |
| 0.66 | 565.35 | 0.30 | 29.06 | 0.96 | 542.89 | 1042.64 | 6400.76 | 38.53 | 67.62 | 1024.20 | 6343.43 | 11880.70 | 15129.55 | 124.38 | 98.52 | 11901.39 | 15098.43 |
| 0.68 | 565.54 | 0.30 | 28.97 | 0.97 | 542.77 | 1041.40 | 6402.52 | 38.29 | 67.48 | 1022.64 | 6344.73 | 11880.25 | 15134.52 | 124.00 | 98.25 | 11900.21 | 15102.58 |
| 0.70 | 565.79 | 0.30 | 28.88 | 0.99 | 542.64 | 1040.18 | 6405.19 | 38.06 | 67.30 | 1021.09 | 6346.32 | 11879.66 | 15140.02 | 123.62 | 97.97 | 11898.90 | 15106.48 |
| 0.71 | 566.45 | 0.30 | 29.04 | 1.00 | 547.04 | 1038.94 | 6406.64 | 37.82 | 67.19 | 1019.55 | 6355.52 | 11878.18 | 15142.22 | 123.24 | 97.69 | 11896.69 | 15120.81 |
| 0.72 | 566.61 | 0.30 | 28.94 | 1.02 | 546.97 | 1037.70 | 6409.14 | 37.59 | 67.02 | 1018.01 | 6357.36 | 11877.63 | 15147.69 | 122.86 | 97.35 | 11895.38 | 15125.12 |
| 0.74 | 566.84 | 0.30 | 28.84 | 1.04 | 547.07 | 1036.42 | 6411.29 | 37.35 | 66.86 | 1016.44 | 6359.11 | 11877.00 | 15152.52 | 122.47 | 97.07 | 11894.03 | 15128.89 |
| 0.77 | 567.09 | 0.29 | 28.74 | 1.06 | 547.15 | 1035.13 | 6413.67 | 37.12 | 66.70 | 1014.87 | 6360.83 | 11877.18 | 15158.42 | 122.08 | 96.77 | 11893.48 | 15133.58 |
| 0.79 | 567.28 | 0.29 | 28.64 | 1.07 | 547.17 | 1033.84 | 6415.98 | 36.89 | 66.53 | 1013.31 | 6362.53 | 11877.19 | 15163.90 | 121.69 | 96.44 | 11892.74 | 15137.93 |
| 0.80 | 567.53 | 0.29 | 28.54 | 1.09 | 547.13 | 1032.55 | 6418.34 | 36.66 | 66.36 | 1011.74 | 6364.14 | 11876.81 | 15169.35 | 121.30 | 96.14 | 11891.60 | 15142.14 |
| 0.82 | 567.71 | 0.29 | 28.45 | 1.11 | 547.05 | 1031.26 | 6420.60 | 36.43 | 66.19 | 1010.18 | 6365.74 | 11876.14 | 15174.58 | 120.90 | 95.84 | 11890.17 | 15146.21 |
| 0.84 | 567.94 | 0.29 | 28.34 | 1.13 | 546.96 | 1029.95 | 6422.93 | 36.20 | 66.02 | 1008.60 | 6367.25 | 11876.09 | 15180.38 | 120.50 | 95.58 | 11889.35 | 15150.50 |
| 0.86 | 568.06 | 0.29 | 28.25 | 1.14 | 546.80 | 1028.64 | 6425.03 | 35.97 | 65.85 | 1007.02 | 6368.68 | 11875.91 | 15185.59 | 120.09 | 95.31 | 11888.40 | 15154.62 |
| 0.88 | 568.24 | 0.29 | 28.15 | 1.16 | 546.65 | 1027.39 | 6427.38 | 35.74 | 65.68 | 1005.50 | 6370.17 | 11875.75 | 15191.48 | 119.69 | 95.00 | 11887.46 | 15158.92 |
| 0.90 | 568.11 | 0.29 | 28.08 | 1.18 | 547.57 | 1026.12 | 6429.18 | 35.51 | 65.50 | 1003.95 | 6375.87 | 11875.11 | 15195.85 | 119.28 | 94.72 | 11886.04 | 15172.78 |
| 0.91 | 568.11 | 0.29 | 27.99 | 1.19 | 547.44 | 1024.83 | 6431.79 | 35.28 | 65.32 | 1002.38 | 6377.81 | 11874.64 | 15201.32 | 118.87 | 94.33 | 11884.78 | 15176.92 |
| 0.93 | 568.11 | 0.28 | 27.92 | 1.21 | 547.33 | 1023.57 | 643 | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|--------|------|-------|------|--------|---------|---------|-------|-------|--------|---------|----------|----------|--------|-------|----------|----------|
| 1.20 | 571.11 | 0.27 | 26.71 | 1.46 | 551.10 | 1006.40 | 6466.79 | 31.75 | 62.37 | 979.45 | 6412.71 | 11871.91 | 15288.89 | 111.96 | 89.37 | 11868.70 | 15257.85 |
| 1.22 | 571.29 | 0.27 | 26.61 | 1.47 | 550.95 | 1005.33 | 6468.89 | 31.53 | 62.17 | 978.11 | 6414.05 | 11872.05 | 15294.32 | 111.51 | 89.03 | 11867.99 | 15262.06 |
| 1.23 | 571.49 | 0.27 | 26.51 | 1.49 | 550.83 | 1004.26 | 6471.07 | 31.32 | 61.97 | 976.79 | 6415.44 | 11871.88 | 15299.82 | 111.06 | 88.71 | 11866.99 | 15266.26 |
| 1.24 | 571.59 | 0.26 | 26.42 | 1.49 | 551.12 | 1003.17 | 6473.21 | 31.12 | 61.80 | 975.46 | 6421.66 | 11871.58 | 15304.82 | 110.62 | 88.35 | 11865.85 | 15276.00 |
| 1.26 | 571.81 | 0.26 | 26.32 | 1.51 | 551.04 | 1002.11 | 6475.41 | 30.91 | 61.59 | 974.16 | 6423.33 | 11871.46 | 15310.23 | 110.16 | 88.03 | 11864.90 | 15280.33 |
| 1.28 | 571.99 | 0.26 | 26.22 | 1.53 | 550.92 | 1001.07 | 6477.53 | 30.71 | 61.39 | 972.88 | 6424.96 | 11871.44 | 15315.64 | 109.71 | 87.65 | 11864.03 | 15284.67 |
| 1.30 | 572.21 | 0.26 | 26.12 | 1.55 | 550.84 | 1000.05 | 6479.75 | 30.51 | 61.19 | 971.62 | 6426.56 | 11871.55 | 15321.30 | 109.25 | 87.33 | 11863.07 | 15289.17 |
| 1.31 | 572.40 | 0.26 | 26.02 | 1.57 | 550.72 | 999.04 | 6481.83 | 30.31 | 60.98 | 970.38 | 6428.02 | 11871.21 | 15326.58 | 108.79 | 86.97 | 11862.06 | 15293.39 |
| 1.33 | 572.59 | 0.26 | 25.91 | 1.58 | 550.60 | 997.99 | 6483.77 | 30.11 | 60.78 | 969.08 | 6429.25 | 11871.32 | 15332.26 | 108.33 | 86.64 | 11861.31 | 15297.73 |
| 1.35 | 572.79 | 0.26 | 25.81 | 1.60 | 550.48 | 997.01 | 6486.11 | 29.91 | 60.57 | 967.83 | 6430.91 | 11871.40 | 15337.56 | 107.87 | 86.27 | 11860.52 | 15301.85 |
| 1.37 | 572.97 | 0.26 | 25.71 | 1.62 | 550.34 | 996.02 | 6488.37 | 29.71 | 60.36 | 966.58 | 6432.40 | 11870.99 | 15342.66 | 107.40 | 85.92 | 11859.23 | 15305.64 |
| 1.39 | 573.15 | 0.25 | 25.61 | 1.64 | 550.19 | 995.06 | 6490.49 | 29.51 | 60.16 | 965.35 | 6433.79 | 11871.04 | 15348.08 | 106.93 | 85.56 | 11858.40 | 15309.84 |
| 1.41 | 573.37 | 0.25 | 25.50 | 1.65 | 550.08 | 994.07 | 6492.66 | 29.31 | 59.95 | 964.10 | 6435.18 | 11871.09 | 15353.66 | 106.46 | 85.22 | 11857.55 | 15314.11 |
| 1.40 | 573.83 | 0.25 | 25.40 | 1.65 | 550.57 | 993.11 | 6493.99 | 29.12 | 59.77 | 962.88 | 6440.67 | 11870.11 | 15356.45 | 106.00 | 85.03 | 11855.68 | 15323.17 |
| 1.43 | 573.77 | 0.25 | 25.30 | 1.67 | 550.35 | 992.15 | 6496.40 | 28.92 | 59.56 | 961.67 | 6442.38 | 11869.92 | 15362.15 | 105.52 | 84.68 | 11854.60 | 15327.85 |
| 1.45 | 573.85 | 0.25 | 25.20 | 1.69 | 550.35 | 991.20 | 6498.66 | 28.73 | 59.35 | 960.43 | 6444.01 | 11870.11 | 15368.23 | 105.04 | 84.33 | 11853.88 | 15332.77 |
| 1.47 | 574.04 | 0.25 | 25.09 | 1.71 | 550.33 | 990.24 | 6500.98 | 28.53 | 59.13 | 959.19 | 6445.61 | 11870.36 | 15374.24 | 104.56 | 83.97 | 11853.23 | 15337.51 |
| 1.49 | 574.16 | 0.25 | 24.99 | 1.73 | 550.29 | 989.30 | 6503.20 | 28.33 | 58.92 | 957.95 | 6447.14 | 11870.40 | 15379.66 | 104.08 | 83.60 | 11852.36 | 15341.69 |
| 1.51 | 574.37 | 0.25 | 24.88 | 1.75 | 550.24 | 988.37 | 6505.40 | 28.13 | 58.70 | 956.72 | 6448.59 | 11870.58 | 15385.40 | 103.60 | 83.25 | 11851.63 | 15346.10 |
| 1.53 | 574.50 | 0.25 | 24.78 | 1.76 | 550.17 | 987.45 | 6507.55 | 27.93 | 58.49 | 955.51 | 6450.00 | 11870.43 | 15390.41 | 103.12 | 82.88 | 11850.56 | 15349.85 |
| 1.55 | 574.74 | 0.24 | 24.67 | 1.78 | 550.11 | 986.54 | 6509.71 | 27.73 | 58.27 | 954.30 | 6451.36 | 11870.59 | 15396.10 | 102.64 | 82.52 | 11849.81 | 15354.30 |
| 1.57 | 574.85 | 0.24 | 24.57 | 1.80 | 549.98 | 985.66 | 6511.83 | 27.54 | 58.06 | 953.12 | 6452.71 | 11870.70 | 15401.41 | 102.15 | 82.15 | 11849.01 | 15358.41 |
| 1.59 | 575.11 | 0.24 | 24.46 | 1.82 | 549.93 | 984.80 | 6513.88 | 27.34 | 57.84 | 951.97 | 6453.95 | 11870.74 | 15406.72 | 101.66 | 81.77 | 11848.13 | 15362.45 |
| 1.60 | 575.38 | 0.24 | 24.52 | 1.83 | 551.13 | 983.96 | 6515.86 | 27.14 | 57.62 | 950.84 | 6458.84 | 11869.84 | 15411.67 | 101.17 | 81.42 | 11846.31 | 15372.25 |
| 1.62 | 575.60 | 0.24 | 24.41 | 1.85 | 551.06 | 983.11 | 6517.91 | 26.95 | 57.40 | 949.70 | 6460.08 | 11869.84 | 15416.90 | 100.68 | 81.04 | 11845.37 | 15376.23 |
| 1.64 | 575.75 | 0.24 | 24.31 | 1.87 | 550.96 | 982.27 | 6519.70 | 26.75 | 57.18 | 948.57 | 6461.10 | 11870.06 | 15422.18 | 100.19 | 80.67 | 11844.69 | 15380.28 |
| 1.66 | 575.92 | 0.24 | 24.20 | 1.89 | 550.78 | 981.44 | 6522.07 | 26.56 | 56.96 | 947.44 | 6462.43 | 11870.58 | 15427.76 | 99.70 | 80.30 | 11844.29 | 15384.43 |
| 1.68 | 576.02 | 0.24 | 24.10 | 1.90 | 550.59 | 980.67 | 6524.16 | 26.36 | 56.74 | 946.36 | 6463.71 | 11870.39 | 15432.38 | 99.21 | 79.93 | 11843.22 | 15387.84 |
| 1.70 | 576.24 | 0.23 | 23.99 | 1.92 | 550.43 | 979.87 | 6526.29 | 26.16 | 56.51 | 945.24 | 6464.95 | 11870.78 | 15438.25 | 98.71 | 79.54 | 11842.72 | 15392.34 |
| 1.72 | 576.33 | 0.23 | 23.89 | 1.94 | 550.23 | 979.05 | 6528.27 | 25.97 | 56.29 | 944.12 | 6466.12 | 11870.82 | 15442.96 | 98.22 | 79.16 | 11841.87 | 15395.79 |
| 1.73 | 576.52 | 0.23 | 23.78 | 1.95 | 550.04 | 978.19 | 6530.47 | 25.77 | 56.07 | 942.97 | 6467.41 | 11871.12 | 15448.58 | 97.73 | 78.78 | 11841.31 | 15400.07 |
| 1.75 | 576.65 | 0.23 | 23.68 | 1.97 | 549.86 | 977.33 | 6532.46 | 25.58 | 55.84 | 941.83 | 6468.60 | 11871.64 | 15453.96 | 97.24 | 78.42 | 11840.96 | 15404.23 |
| 1.77 | 576.81 | 0.23 | 23.56 | 1.98 | 549.66 | 976.47 | 6534.74 | 25.38 | 55.61 | 940.70 | 6469.93 | 11871.33 | 15459.05 | 96.74 | 78.02 | 11839.78 | 15408.05 |
| 1.76 | 576.91 | 0.23 | 23.46 | 1.98 | 551.32 | 975.60 | 6536.54 | 25.19 | 55.37 | 939.56 | 6475.84 | 11870.33 | 15463.09 | 96.24 | 77.50 | 11837.90 | 15418.52 |
| 1.79 | 577.16 | 0.23 | 23.35 | 2.00 | 551.27 | 974.75 | 6538.73 | 25.00 | 55.14 | 938.46 | 6477.16 | 11870.72 | 15469.16 | 95.73 | 77.12 | 11837.40 | 15423.49 |
| 1.80 | 577.29 | 0.22 | 23.24 | 2.02 | 551.08 | 973.92 | 6540.84 | 24.82 | 54.91 | 937.36 | 6478.37 | 11871.15 | 15474.50 | 95.23 | 76.71 | 11836.94 | 15427.66 |
| 1.82 | 577.51 | 0.22 | 23.14 | 2.03 | 550.98 | 973.09 | 6543.07 | 24.63 | 54.68 | 936.27 | 6479.67 | 11871.15 | 15479.54 | 94.73 | 76.31 | 11836.04 | 15431.52 |
| 1.84 | 577.65 | 0.22 | 23.03 | 2.05 | 550.81 | 972.28 | 6545.09 | 24.44 | 54.45 | 935.21 | 6480.79 | 11871.16 | 15484.67 | 94.22 | 75.92 | 11835.16 | 15435.46 |
| 1.86 | 577.82 | 0.22 | 22.92 | 2.07 | 550.64 | 971.45 | 6546.81 | 24.26 | 54.22 | 934.13 | 6481.62 | 11871.06 | 15489.63 | 93.72 | 75.51 | 11834.17 | 15439.22 |
| 1.88 | 577.95 | 0.22 | 22.81 | 2.09 | 550.45 | 970.65 | 6549.08 | 24.07 | 53.98 | 933.08 | 6482.99 | 11871.61 | 15495.14 | 93.21 | 75.12 | 11833.84 | 15443.71 |
| 1.90 | 578.13 | 0.22 | 22.70 | 2.10 | 550.30 | 969.86 | 6551.13 | 23.89 | 53.75 | 932.04 | 6484.15 | 11871.57 | 15500.18 | 92.70 | 74.71 | 11832.92 | 15447.50 |
| 1.92 | 578.24 | 0.22 | 22.59 | 2.12 | 550.08 | 969.07 | 6553.09 | 23.71 | 53.51 | 931.01 | 6485.21 | 11872.04 | 15505.65 | 92.19 | 74.34 | 11832.51 | 15451.66 |
| 1.93 | 578.43 | 0.22 | 22.48 | 2.13 | 549.93 | 968.31 | 6555.01 | 23.52 | 53.28 | 930.00 | 6486.23 | 11872.02 | 15510.42 | 91.68 | 73.93 | 11831.64 | 15455.19 |
| 1.94 | 577.91 | 0.21 | 22.36 | 2.14 | 551.58 | 967.58 | 6556.22 | 23.34 | 53.08 | 929.02 | 6495.83 | 11872.20 | 15514.97 | 91.18 | 73.59 | 11830.95 | 15469.01 |
| 1.96 | 578.20 | 0.21 | 22.24 | 2.16 | 551.62 | 966.85 | 6558.38 | 23.16 | 52.83 | 928.03 | 6497.32 | 11872.28 | 15520.16 | 90.66 | 73.17 | 11830.16 | 15473.30 |
| 1.98 | 578.50 | 0.21 | 22.13 | 2.18 | 551.68 | 966.11 | 6560.22 | 22.98 | 52.60 | 927.04 | 6498.34 | 11872.31 | 15524.93 | 90.15 | 72.78 | 11829.30 | 15476.82 |
| 2.00 | 578.74 | 0.21 | 22.02 | 2.19 | 551.64 | 965.37 | 6562.70 | 22.80 | 52.35 | 926.05 | 6499.90 | 11872.12 | 15530.02 | 89.63 | 72.37 | 11828.22 | 15480.61 |
| 2.02 | 579.01 | 0.21 | 21.91 | 2.21 | 551.64 | 964.61 | 6564.59 | 22.62 | 52.11 | 925.03 | 6500.88 | 11872.28 | 15535.04 | 89.12 | 71.97 | 11827.51 | 15484.36 |
| 2.03 | 579.21 | 0.21 | 21.80 | 2.23 | 551.54 | 963.90 | 6567.03 | 22.44 | 51.86 | 924.07 | 6502.37 | 11872.32 | 15540.07 | 88.60 | 71.57 | 11826.68 | 15488.08 |
| 2.05 | 579.44 | 0.21 | 21.69 | 2.24 | 551.46 | 963.22 | 6569.20 | 22.26 | 51.62 | 923.12 | 6503.59 | 11872.45 | 15545.23 | 88.09 | 71.17 | 11825.94 | 15491.95 |
| 2.07 | 579.60 | 0.21 | 21.58 | 2.26 | 551.31 | 962.52 | 6571.29 | 22.08 | 51.37 | 922.16 | 6504.75 | 11872.77 | 15550.46 | 87.58 | 70.78 | 11825.41 | 15495.91 |
| 2.09 | 579.83 | 0.20 | 21.47 | 2.27 | 551.22 | 961.85 | 6573.29 | 21.91 | 51.13 | 921.22 | 6505.75 | 11872.88 | 15555.38 | 87.06 | 70.39 | 11824.67 | 15499.54 |
| 2.10 | 579.99 | 0.20 | 21.37 | 2.29 | 551.06 | 961.17 | 6575.29 | 21.73 | 50.89 | 920.29 | 6506.87 | 11872.99 | 15560.40 | 86.54 | 69.99 | 11823.93 | 15503.26 |
| 2.12 | 579.90 | 0.20 | 21.34 | 2.30 | 552.70 | 960.56 | 6578.08 | 21.55 | 50.67 | 919.40 | 6517.89 | 11872.26 | 15565.16 | 86.03 | 69.59 | 11822.37 | 15516.80 |
| 2.14 | 580.19 | 0.20 | 21.22 | 2.32 | 552.76 | 959.88 | 6579.75 | 21.37 | 50.41 | 918.47 | 6518.98 | 11872.36 | 15570.34 | 85.51 | 69.18 | 11821.63 | 15520.97 |
| 2.15 | 580.40 | 0.20 | 21.12 | 2.34 | 552.75 | 959.20 | 6581.73 | 21.20 | 50.16 | 917.54 | 6520.02 | 11872.54 | 15575.14 | 85.01 | 68.78 | 11821.21 | 15524.34 |
| 2.17 | 580.68 | 0.20 | 21.00 | 2.35 | 552.74 | 958.55 | 6583.34 | 21.02 | 49.91 | 916.64 | 6520.81 | 11872.58 | 15579.63 | 84.50 | 68.39 | 11820.50 | 15527.63 |
| 2.19 | 580.89 | 0.20 | 20.89 | 2.37 | 552.69 | 957.92 | 6585.34 | 20.85 | 49.66 | 915.75 | 6521.70 | 11872.76 | 15584.25 | 83.98 | 67.98 | 11819.93 | 15530.80 |
| 2.20 | 581.13 | 0.19 | 20.78 | 2.38 | 552.64 | 957.25 | 6586.96 | 20.68 | 49.42 | 914.84 | 6522.39 | 11873.14 | 15589.59 | 83.47 | 67.60 | 11819.52 | 15534.74 |
| 2.22 | 581.30 | 0.19 | 20.67 | 2.40 | 552.53 | 956.59 | 6588.95 | 20.50 | 49.17 | 913.95 | 6523.34 | 11873.25 | 15594.09 | 82.95 | 67.19 | 11818.81 | 15537.85 |
| 2.24 | 581.50 | 0.19 | 20.56 | 2.41 | 552.43 | 955.93 | 6590.52 | 20.33 | 48.92 | 913.06 | 6524.02 | 11873.12 | 15598.55 | 82.43 | 66.81 | 11817.84 | 15540.94 |
| 2.26 | 581.66 | 0.19 | 20.45 | 2.43 | 552.30 | 9 | | | | | | | | | | | |

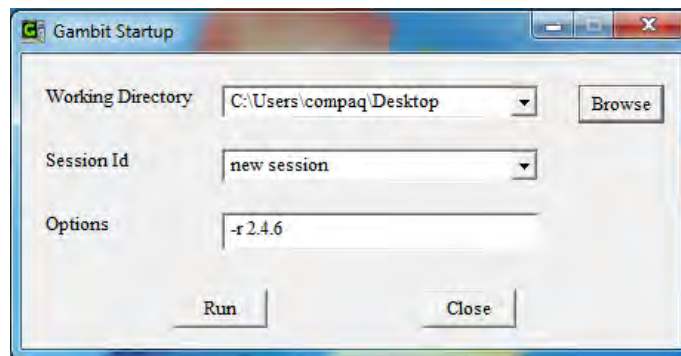
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|--------|------|-------|------|--------|--------|---------|-------|-------|--------|---------|----------|----------|-------|-------|----------|----------|
| 2.47 | 583.75 | 0.17 | 18.94 | 2.62 | 554.36 | 947.36 | 6619.71 | 17.78 | 45.16 | 900.60 | 6556.24 | 11876.34 | 15671.45 | 74.51 | 60.86 | 11808.01 | 15619.13 |
| 2.49 | 583.95 | 0.17 | 18.83 | 2.64 | 554.31 | 946.88 | 6621.82 | 17.61 | 44.90 | 899.85 | 6557.61 | 11876.68 | 15676.35 | 73.98 | 60.48 | 11807.50 | 15623.08 |
| 2.50 | 584.12 | 0.17 | 18.72 | 2.65 | 554.23 | 946.43 | 6623.58 | 17.44 | 44.65 | 899.11 | 6558.66 | 11876.77 | 15680.66 | 73.45 | 60.07 | 11806.71 | 15626.58 |
| 2.52 | 584.27 | 0.17 | 18.61 | 2.67 | 554.11 | 945.97 | 6625.50 | 17.27 | 44.39 | 898.36 | 6559.53 | 11877.48 | 15686.01 | 72.92 | 59.68 | 11806.57 | 15630.63 |
| 2.54 | 584.41 | 0.17 | 18.51 | 2.69 | 553.99 | 945.50 | 6627.34 | 17.10 | 44.14 | 897.62 | 6560.52 | 11877.09 | 15689.64 | 72.39 | 59.27 | 11805.31 | 15633.12 |
| 2.56 | 584.55 | 0.17 | 18.40 | 2.70 | 553.86 | 945.05 | 6629.49 | 16.94 | 43.89 | 896.91 | 6561.70 | 11877.70 | 15694.79 | 71.86 | 58.88 | 11805.19 | 15637.11 |
| 2.58 | 584.72 | 0.16 | 18.29 | 2.72 | 553.75 | 944.58 | 6631.11 | 16.77 | 43.63 | 896.17 | 6562.45 | 11877.97 | 15699.36 | 71.34 | 58.47 | 11804.73 | 15640.54 |
| 2.59 | 584.85 | 0.16 | 18.18 | 2.74 | 553.60 | 944.12 | 6633.04 | 16.60 | 43.38 | 895.47 | 6563.45 | 11878.14 | 15703.71 | 70.81 | 58.08 | 11804.14 | 15643.75 |
| 2.60 | 584.91 | 0.16 | 18.08 | 2.74 | 553.05 | 943.71 | 6635.00 | 16.43 | 43.13 | 894.79 | 6570.21 | 11877.45 | 15708.33 | 70.29 | 57.78 | 11806.20 | 15654.13 |
| 2.62 | 585.10 | 0.16 | 17.97 | 2.76 | 553.13 | 943.26 | 6636.65 | 16.27 | 42.87 | 894.08 | 6571.26 | 11878.09 | 15713.08 | 69.75 | 57.42 | 11806.04 | 15657.93 |
| 2.64 | 585.28 | 0.16 | 17.86 | 2.77 | 553.15 | 942.80 | 6638.41 | 16.10 | 42.61 | 893.36 | 6572.33 | 11878.73 | 15718.10 | 69.22 | 57.01 | 11805.98 | 15661.99 |
| 2.65 | 585.44 | 0.16 | 17.75 | 2.79 | 553.11 | 942.37 | 6640.25 | 15.94 | 42.36 | 892.66 | 6573.45 | 11880.03 | 15723.44 | 68.70 | 56.61 | 11806.52 | 15666.33 |
| 2.67 | 585.63 | 0.16 | 17.64 | 2.81 | 553.09 | 941.93 | 6642.11 | 15.77 | 42.10 | 891.96 | 6574.53 | 11880.36 | 15728.24 | 68.17 | 56.21 | 11806.09 | 15670.10 |
| 2.69 | 585.80 | 0.16 | 17.53 | 2.82 | 553.03 | 941.51 | 6643.93 | 15.60 | 41.84 | 891.26 | 6575.59 | 11880.96 | 15732.91 | 67.65 | 55.80 | 11805.90 | 15673.70 |
| 2.71 | 585.95 | 0.15 | 17.42 | 2.84 | 552.93 | 941.13 | 6645.81 | 15.44 | 41.58 | 890.61 | 6576.67 | 11881.32 | 15737.68 | 67.13 | 55.41 | 11805.47 | 15677.38 |
| 2.72 | 586.12 | 0.15 | 17.31 | 2.85 | 552.84 | 940.73 | 6647.62 | 15.27 | 41.32 | 889.93 | 6577.70 | 11882.18 | 15742.45 | 66.60 | 55.00 | 11805.51 | 15681.02 |
| 2.74 | 586.29 | 0.15 | 17.20 | 2.87 | 552.75 | 940.35 | 6649.42 | 15.11 | 41.07 | 889.28 | 6578.71 | 11882.36 | 15747.11 | 66.08 | 54.60 | 11804.89 | 15684.63 |
| 2.76 | 586.47 | 0.15 | 17.10 | 2.88 | 552.66 | 940.01 | 6651.21 | 14.95 | 40.81 | 888.68 | 6579.71 | 11883.01 | 15751.74 | 65.56 | 54.20 | 11804.73 | 15688.12 |
| 2.76 | 586.31 | 0.15 | 17.02 | 2.89 | 555.67 | 939.68 | 6652.32 | 14.78 | 40.57 | 888.10 | 6593.56 | 11882.78 | 15755.09 | 65.02 | 53.80 | 11806.73 | 15705.30 |
| 2.78 | 586.57 | 0.15 | 16.91 | 2.91 | 555.73 | 939.25 | 6653.90 | 14.62 | 40.30 | 887.43 | 6594.53 | 11883.45 | 15759.74 | 64.48 | 53.41 | 11806.42 | 15708.93 |
| 2.80 | 586.81 | 0.15 | 16.80 | 2.92 | 555.74 | 938.88 | 6656.24 | 14.46 | 40.04 | 886.83 | 6596.18 | 11883.59 | 15763.99 | 63.96 | 52.99 | 11805.77 | 15712.25 |
| 2.81 | 587.03 | 0.14 | 16.70 | 2.94 | 555.69 | 938.52 | 6658.14 | 14.30 | 39.78 | 886.22 | 6597.39 | 11884.40 | 15769.21 | 63.43 | 52.60 | 11805.69 | 15716.44 |
| 2.83 | 587.27 | 0.14 | 16.59 | 2.95 | 555.65 | 938.17 | 6660.16 | 14.14 | 39.53 | 885.63 | 6598.63 | 11884.53 | 15773.54 | 62.91 | 52.19 | 11805.01 | 15719.65 |
| 2.85 | 587.52 | 0.14 | 16.48 | 2.97 | 555.61 | 937.85 | 6662.03 | 13.98 | 39.27 | 885.06 | 6599.74 | 11884.78 | 15778.12 | 62.39 | 51.80 | 11804.42 | 15723.13 |
| 2.86 | 587.72 | 0.14 | 16.37 | 2.98 | 555.53 | 937.51 | 6663.93 | 13.83 | 39.01 | 884.48 | 6600.84 | 11885.06 | 15782.55 | 61.87 | 51.39 | 11803.89 | 15726.48 |
| 2.88 | 587.88 | 0.14 | 16.27 | 3.00 | 555.41 | 937.19 | 6665.70 | 13.67 | 38.76 | 883.92 | 6601.83 | 11885.29 | 15786.97 | 61.35 | 51.00 | 11803.29 | 15729.81 |
| 2.90 | 588.09 | 0.14 | 16.16 | 3.01 | 555.33 | 936.86 | 6667.45 | 13.51 | 38.50 | 883.36 | 6602.76 | 11885.29 | 15790.99 | 60.81 | 50.60 | 11802.30 | 15732.71 |
| 2.91 | 588.28 | 0.14 | 16.06 | 3.03 | 555.25 | 936.56 | 6669.19 | 13.36 | 38.25 | 882.82 | 6603.71 | 11885.78 | 15795.38 | 60.30 | 50.21 | 11801.87 | 15736.05 |
| 2.91 | 588.80 | 0.14 | 15.93 | 3.02 | 558.04 | 936.26 | 6670.62 | 13.21 | 38.01 | 882.29 | 6611.20 | 11886.56 | 15799.46 | 59.78 | 49.84 | 11801.78 | 15745.99 |
| 2.93 | 589.01 | 0.13 | 15.82 | 3.04 | 558.05 | 935.97 | 6672.44 | 13.06 | 37.75 | 881.77 | 6612.25 | 11886.48 | 15803.83 | 59.26 | 49.44 | 11800.83 | 15749.34 |
| 2.95 | 589.15 | 0.13 | 15.71 | 3.06 | 557.91 | 935.66 | 6673.87 | 12.90 | 37.49 | 881.23 | 6613.04 | 11886.95 | 15808.14 | 58.74 | 49.04 | 11800.11 | 15752.62 |
| 2.97 | 589.30 | 0.13 | 15.61 | 3.08 | 557.78 | 935.39 | 6675.75 | 12.75 | 37.24 | 880.72 | 6614.12 | 11887.53 | 15812.55 | 58.20 | 48.65 | 11799.53 | 15755.97 |
| 2.99 | 589.47 | 0.13 | 15.50 | 3.09 | 557.66 | 935.11 | 6677.43 | 12.60 | 36.98 | 880.22 | 6615.04 | 11887.85 | 15816.80 | 57.68 | 48.24 | 11798.79 | 15759.14 |
| 3.00 | 589.66 | 0.13 | 15.40 | 3.11 | 557.57 | 934.86 | 6679.34 | 12.46 | 36.72 | 879.72 | 6616.14 | 11888.50 | 15821.46 | 57.15 | 47.85 | 11798.29 | 15762.71 |
| 3.02 | 589.79 | 0.13 | 15.29 | 3.12 | 557.44 | 934.60 | 6681.07 | 12.31 | 36.47 | 879.23 | 6617.12 | 11888.79 | 15825.45 | 56.64 | 47.45 | 11797.47 | 15765.63 |
| 3.04 | 589.97 | 0.13 | 15.19 | 3.14 | 557.34 | 934.36 | 6682.83 | 12.16 | 36.21 | 878.76 | 6618.07 | 11888.86 | 15829.94 | 56.12 | 47.07 | 11796.56 | 15769.15 |
| 3.05 | 590.11 | 0.13 | 15.09 | 3.15 | 557.22 | 934.12 | 6684.54 | 12.02 | 35.96 | 878.28 | 6618.99 | 11889.23 | 15833.99 | 55.61 | 46.68 | 11795.92 | 15772.15 |
| 3.07 | 590.26 | 0.12 | 14.98 | 3.17 | 557.11 | 933.91 | 6686.31 | 11.87 | 35.71 | 877.83 | 6619.96 | 11889.71 | 15838.27 | 55.10 | 46.29 | 11795.48 | 15775.30 |
| 3.07 | 590.38 | 0.12 | 14.96 | 3.17 | 558.58 | 933.70 | 6687.93 | 11.73 | 35.46 | 877.39 | 6625.59 | 11890.02 | 15841.87 | 54.60 | 45.90 | 11794.87 | 15784.54 |
| 3.09 | 590.56 | 0.12 | 14.85 | 3.19 | 558.52 | 933.50 | 6689.52 | 11.58 | 35.20 | 876.95 | 6626.57 | 11890.33 | 15845.96 | 54.09 | 45.50 | 11794.32 | 15787.65 |
| 3.11 | 590.77 | 0.12 | 14.75 | 3.20 | 558.51 | 933.30 | 6691.27 | 11.44 | 34.95 | 876.52 | 6627.61 | 11891.00 | 15850.07 | 53.58 | 45.12 | 11794.13 | 15790.77 |
| 3.12 | 590.89 | 0.12 | 14.65 | 3.22 | 558.41 | 933.13 | 6692.96 | 11.30 | 34.69 | 876.11 | 6628.62 | 11891.57 | 15854.65 | 53.06 | 44.72 | 11794.05 | 15794.32 |
| 3.14 | 591.07 | 0.12 | 14.54 | 3.23 | 558.36 | 932.95 | 6694.70 | 11.16 | 34.44 | 875.70 | 6629.63 | 11892.30 | 15858.77 | 52.55 | 44.34 | 11793.51 | 15797.46 |
| 3.16 | 591.19 | 0.12 | 14.44 | 3.25 | 558.26 | 932.77 | 6696.39 | 11.02 | 34.19 | 875.30 | 6630.67 | 11892.67 | 15863.03 | 52.04 | 43.95 | 11792.83 | 15800.78 |
| 3.17 | 591.35 | 0.12 | 14.34 | 3.26 | 558.18 | 932.60 | 6698.06 | 10.88 | 33.94 | 874.90 | 6631.61 | 11893.08 | 15867.08 | 51.54 | 43.57 | 11792.16 | 15803.88 |
| 3.18 | 591.49 | 0.11 | 14.24 | 3.27 | 558.08 | 932.44 | 6699.68 | 10.74 | 33.69 | 874.51 | 6632.50 | 11893.75 | 15871.43 | 51.04 | 43.19 | 11791.81 | 15807.19 |
| 3.20 | 591.62 | 0.11 | 14.14 | 3.29 | 557.97 | 932.28 | 6701.29 | 10.61 | 33.44 | 874.14 | 6633.39 | 11894.60 | 15875.82 | 50.54 | 42.81 | 11791.69 | 15810.61 |
| 3.21 | 591.78 | 0.11 | 14.04 | 3.30 | 557.89 | 932.13 | 6702.79 | 10.47 | 33.19 | 873.77 | 6634.14 | 11895.13 | 15880.02 | 50.05 | 42.42 | 11791.31 | 15813.85 |
| 3.22 | 591.62 | 0.11 | 13.97 | 3.31 | 559.32 | 932.00 | 6704.16 | 10.34 | 32.97 | 873.43 | 6643.81 | 11895.53 | 15883.36 | 49.56 | 42.05 | 11794.08 | 15826.02 |
| 3.24 | 591.85 | 0.11 | 13.87 | 3.32 | 559.34 | 931.87 | 6705.88 | 10.20 | 32.72 | 873.08 | 6645.03 | 11895.80 | 15887.56 | 49.07 | 41.68 | 11793.54 | 15829.45 |
| 3.25 | 592.02 | 0.11 | 13.77 | 3.34 | 559.30 | 931.73 | 6707.55 | 10.07 | 32.47 | 872.74 | 6646.12 | 11896.53 | 15891.88 | 48.58 | 41.31 | 11793.52 | 15833.04 |
| 3.27 | 592.24 | 0.11 | 13.67 | 3.35 | 559.29 | 931.60 | 6709.47 | 9.94 | 32.22 | 872.40 | 6647.43 | 11896.74 | 15895.83 | 48.10 | 40.93 | 11792.98 | 15836.06 |
| 3.28 | 592.41 | 0.11 | 13.58 | 3.36 | 559.24 | 931.49 | 6711.13 | 9.81 | 31.97 | 872.09 | 6648.46 | 11897.24 | 15899.60 | 47.61 | 40.55 | 11792.73 | 15839.05 |
| 3.30 | 592.60 | 0.11 | 13.48 | 3.38 | 559.20 | 931.37 | 6712.56 | 9.69 | 31.72 | 871.77 | 6649.22 | 11897.77 | 15903.89 | 47.13 | 40.16 | 11792.51 | 15842.37 |
| 3.31 | 592.74 | 0.10 | 13.38 | 3.39 | 559.11 | 931.27 | 6714.19 | 9.56 | 31.47 | 871.46 | 6650.17 | 11898.36 | 15907.85 | 46.65 | 39.79 | 11792.36 | 15845.52 |
| 3.33 | 592.90 | 0.10 | 13.29 | 3.40 | 559.05 | 931.17 | 6715.75 | 9.43 | 31.22 | 871.17 | 6651.04 | 11898.85 | 15911.70 | 46.17 | 39.41 | 11792.11 | 15848.40 |
| 3.34 | 593.04 | 0.10 | 13.19 | 3.42 | 558.96 | 931.08 | 6717.35 | 9.31 | 30.98 | 870.88 | 6651.96 | 11899.53 | 15915.59 | 45.69 | 39.03 | 11792.04 | 15851.40 |
| 3.36 | 593.20 | 0.10 | 13.10 | 3.43 | 558.89 | 930.98 | 6718.90 | 9.19 | 30.73 | 870.59 | 6652.81 | 11900.00 | 15919.38 | 45.21 | 38.65 | 11791.76 | 15854.23 |
| 3.36 | 593.22 | 0.10 | 13.03 | 3.43 | 559.39 | 931.02 | 6720.30 | 9.06 | 30.49 | 870.43 | 6655.14 | 11899.71 | 15922.09 | 44.75 | 38.29 | 11791.61 | 15857.65 |
| 3.37 | 593.33 | 0.10 | 12.93 | 3.44 | 559.28 | 930.97 | 6721.80 | 8.94 | 30.25 | 870.18 | 6655.97 | 11900.63 | 15926.24 | 44.27 | 37.91 | 11795.54 | 15860.85 |
| 3.39 | 593.43 | 0.10 | 12.84 | 3.46 | 559.16 | 930.82 | 6723.25 | 8.82 | 30.01 | 869.83 | 6656.73 | 11901.20 | 15930.31 | 43.80 | 37.55 | 11795.28 | 15864.02 |
| 3.41 | 593.56 | 0.10 | 12.75 | 3.47 | 559.07 | 930.72 | 6724.79 | 8.70 | 29.76 | 86 | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|--------|------|-------|------|--------|--------|---------|------|-------|--------|---------|----------|----------|-------|-------|----------|----------|
| 3.60 | 595.28 | 0.08 | 11.52 | 3.65 | 559.68 | 930.90 | 6745.89 | 7.15 | 26.45 | 867.15 | 6673.28 | 11909.84 | 15985.91 | 36.92 | 32.10 | 11792.13 | 15910.94 |
| 3.62 | 595.40 | 0.08 | 11.43 | 3.67 | 559.62 | 930.99 | 6747.45 | 7.05 | 26.22 | 867.06 | 6674.22 | 11910.73 | 15989.67 | 36.47 | 31.75 | 11792.31 | 15913.91 |
| 3.63 | 595.50 | 0.08 | 11.35 | 3.68 | 559.54 | 931.07 | 6748.82 | 6.95 | 25.99 | 866.97 | 6674.98 | 11911.16 | 15992.95 | 36.04 | 31.41 | 11792.04 | 15916.36 |
| 3.64 | 595.61 | 0.08 | 11.27 | 3.69 | 560.07 | 931.20 | 6750.07 | 6.85 | 25.75 | 866.94 | 6681.12 | 11909.56 | 15992.42 | 35.61 | 31.08 | 11796.11 | 15920.80 |
| 3.65 | 595.76 | 0.08 | 11.18 | 3.70 | 560.01 | 931.29 | 6751.37 | 6.75 | 25.52 | 866.84 | 6681.88 | 11911.22 | 15998.13 | 35.16 | 30.73 | 11797.06 | 15925.77 |
| 3.67 | 595.87 | 0.08 | 11.10 | 3.71 | 559.92 | 931.37 | 6752.81 | 6.65 | 25.29 | 866.76 | 6682.72 | 11913.03 | 16003.49 | 34.73 | 30.40 | 11798.16 | 15930.27 |
| 3.68 | 595.97 | 0.07 | 11.01 | 3.73 | 559.83 | 931.48 | 6754.23 | 6.56 | 25.07 | 866.70 | 6683.56 | 11914.33 | 16007.88 | 34.31 | 30.06 | 11798.80 | 15933.83 |
| 3.69 | 596.08 | 0.07 | 10.93 | 3.74 | 559.75 | 931.58 | 6755.64 | 6.46 | 24.84 | 866.64 | 6684.31 | 11914.74 | 16011.43 | 33.88 | 29.72 | 11798.52 | 15936.52 |
| 3.71 | 596.19 | 0.07 | 10.85 | 3.75 | 559.68 | 931.69 | 6757.01 | 6.37 | 24.62 | 866.58 | 6685.08 | 11915.85 | 16015.48 | 33.46 | 29.38 | 11798.96 | 15939.70 |
| 3.72 | 596.29 | 0.07 | 10.77 | 3.76 | 559.58 | 931.79 | 6758.43 | 6.27 | 24.39 | 866.52 | 6685.88 | 11917.01 | 16019.35 | 33.03 | 29.04 | 11799.45 | 15942.78 |
| 3.73 | 596.40 | 0.07 | 10.69 | 3.78 | 559.50 | 931.91 | 6759.84 | 6.18 | 24.17 | 866.48 | 6686.69 | 11918.30 | 16023.46 | 32.61 | 28.71 | 11800.06 | 15946.07 |
| 3.75 | 596.49 | 0.07 | 10.61 | 3.79 | 559.41 | 932.03 | 6761.26 | 6.09 | 23.95 | 866.45 | 6687.48 | 11919.08 | 16027.03 | 32.20 | 28.38 | 11800.18 | 15948.80 |
| 3.76 | 596.61 | 0.07 | 10.54 | 3.80 | 559.33 | 932.16 | 6762.62 | 6.00 | 23.73 | 866.43 | 6688.23 | 11919.95 | 16030.75 | 31.78 | 28.05 | 11800.38 | 15951.72 |
| 3.76 | 596.57 | 0.07 | 10.47 | 3.80 | 559.73 | 932.23 | 6763.62 | 5.90 | 23.51 | 872.94 | 6689.32 | 11920.33 | 16033.40 | 31.31 | 27.73 | 11806.68 | 15955.53 |
| 3.77 | 596.71 | 0.07 | 10.39 | 3.81 | 559.76 | 932.48 | 6765.10 | 5.81 | 23.29 | 872.92 | 6690.26 | 11921.16 | 16036.91 | 30.90 | 27.39 | 11806.68 | 15958.31 |
| 3.79 | 596.82 | 0.07 | 10.31 | 3.83 | 559.75 | 932.60 | 6766.38 | 5.72 | 23.07 | 872.83 | 6691.02 | 11921.88 | 16040.49 | 30.49 | 27.07 | 11806.69 | 15961.21 |
| 3.80 | 596.96 | 0.06 | 10.23 | 3.84 | 559.75 | 932.79 | 6767.88 | 5.64 | 22.85 | 872.83 | 6691.76 | 11922.77 | 16044.11 | 30.08 | 26.73 | 11806.80 | 15963.89 |
| 3.82 | 597.07 | 0.06 | 10.16 | 3.85 | 559.71 | 932.95 | 6769.07 | 5.56 | 22.64 | 872.80 | 6692.30 | 11922.90 | 16046.51 | 29.68 | 26.41 | 11806.20 | 15965.48 |
| 3.83 | 597.18 | 0.06 | 10.08 | 3.86 | 559.67 | 933.13 | 6770.27 | 5.47 | 22.42 | 872.80 | 6692.87 | 11923.73 | 16049.98 | 29.28 | 26.09 | 11806.32 | 15968.16 |
| 3.84 | 597.31 | 0.06 | 10.01 | 3.88 | 559.64 | 933.32 | 6771.65 | 5.39 | 22.21 | 872.83 | 6693.59 | 11924.52 | 16053.51 | 28.89 | 25.76 | 11806.42 | 15970.90 |
| 3.86 | 597.41 | 0.06 | 9.94 | 3.89 | 559.58 | 933.52 | 6772.99 | 5.31 | 22.00 | 872.88 | 6694.31 | 11925.21 | 16056.69 | 28.49 | 25.45 | 11806.44 | 15973.30 |
| 3.87 | 597.53 | 0.06 | 9.87 | 3.90 | 559.52 | 933.71 | 6774.25 | 5.23 | 21.78 | 872.92 | 6694.97 | 11925.83 | 16059.97 | 28.10 | 25.13 | 11806.42 | 15975.81 |
| 3.88 | 597.63 | 0.06 | 9.80 | 3.91 | 559.46 | 933.91 | 6775.72 | 5.16 | 21.57 | 872.99 | 6695.85 | 11926.66 | 16063.26 | 27.71 | 24.81 | 11806.62 | 15978.29 |
| 3.89 | 597.58 | 0.06 | 9.73 | 3.92 | 558.77 | 934.10 | 6776.75 | 5.08 | 21.37 | 873.04 | 6698.17 | 11927.12 | 16065.79 | 27.33 | 24.50 | 11806.45 | 15982.14 |
| 3.90 | 597.72 | 0.06 | 9.66 | 3.93 | 558.81 | 934.31 | 6778.14 | 5.01 | 21.16 | 873.12 | 6699.10 | 11927.99 | 16068.87 | 26.95 | 24.19 | 11806.71 | 15984.61 |
| 3.92 | 597.88 | 0.06 | 9.59 | 3.95 | 558.86 | 934.54 | 6779.41 | 4.93 | 20.95 | 873.20 | 6699.94 | 11929.03 | 16072.57 | 26.57 | 23.88 | 11807.13 | 15987.75 |
| 3.93 | 598.01 | 0.06 | 9.52 | 3.96 | 558.87 | 934.77 | 6780.73 | 4.86 | 20.74 | 873.29 | 6700.80 | 11929.96 | 16076.07 | 26.19 | 23.58 | 11807.44 | 15990.64 |
| 3.94 | 598.17 | 0.05 | 9.45 | 3.97 | 558.89 | 935.03 | 6781.98 | 4.79 | 20.53 | 873.40 | 6701.57 | 11930.83 | 16079.45 | 25.82 | 23.27 | 11808.08 | 15993.40 |
| 3.96 | 598.30 | 0.05 | 9.39 | 3.98 | 558.87 | 935.32 | 6783.24 | 4.71 | 20.33 | 873.54 | 6702.35 | 11931.81 | 16082.72 | 25.46 | 22.97 | 11808.15 | 15996.08 |
| 3.97 | 598.42 | 0.05 | 9.32 | 3.99 | 558.84 | 935.67 | 6784.46 | 4.64 | 20.13 | 873.72 | 6703.08 | 11932.39 | 16085.70 | 25.09 | 22.67 | 11807.96 | 15998.42 |
| 3.98 | 598.53 | 0.05 | 9.25 | 4.00 | 558.80 | 936.07 | 6785.67 | 4.57 | 19.93 | 873.94 | 6703.80 | 11933.28 | 16088.81 | 24.73 | 22.37 | 11808.09 | 16000.86 |
| 3.99 | 598.63 | 0.05 | 9.19 | 4.01 | 558.76 | 936.46 | 6786.88 | 4.50 | 19.73 | 874.16 | 6704.52 | 11933.73 | 16091.42 | 24.36 | 22.08 | 11807.82 | 16002.82 |
| 4.00 | 598.74 | 0.05 | 9.12 | 4.02 | 558.70 | 936.80 | 6788.10 | 4.43 | 19.53 | 874.35 | 6705.25 | 11934.43 | 16094.50 | 24.00 | 21.78 | 11807.82 | 16005.29 |
| 4.01 | 598.49 | 0.05 | 9.12 | 4.03 | 560.28 | 937.36 | 6788.81 | 4.37 | 19.34 | 874.77 | 6708.82 | 11935.49 | 16096.51 | 23.64 | 21.50 | 11808.21 | 16011.79 |
| 4.03 | 598.65 | 0.05 | 9.06 | 4.05 | 560.33 | 937.64 | 6790.07 | 4.30 | 19.14 | 874.91 | 6709.67 | 11935.98 | 16099.62 | 23.28 | 21.21 | 11808.03 | 16014.33 |
| 4.04 | 598.80 | 0.05 | 9.00 | 4.06 | 560.37 | 937.80 | 6791.36 | 4.24 | 18.95 | 874.97 | 6710.55 | 11936.51 | 16102.60 | 22.93 | 20.92 | 11807.95 | 16016.79 |
| 4.05 | 598.93 | 0.05 | 8.94 | 4.07 | 560.40 | 938.01 | 6792.59 | 4.17 | 18.75 | 875.07 | 6711.31 | 11937.17 | 16105.48 | 22.59 | 20.63 | 11808.02 | 16019.06 |
| 4.06 | 599.04 | 0.05 | 8.87 | 4.08 | 560.41 | 938.23 | 6793.94 | 4.11 | 18.56 | 875.17 | 6712.20 | 11938.11 | 16108.73 | 22.24 | 20.35 | 11808.39 | 16021.75 |
| 4.08 | 599.18 | 0.05 | 8.81 | 4.09 | 560.42 | 938.48 | 6795.24 | 4.05 | 18.37 | 875.31 | 6713.03 | 11938.73 | 16111.51 | 21.91 | 20.07 | 11807.82 | 16023.96 |
| 4.09 | 599.28 | 0.05 | 8.76 | 4.10 | 560.40 | 938.76 | 6796.36 | 4.00 | 18.18 | 875.48 | 6713.69 | 11939.72 | 16114.61 | 21.58 | 19.79 | 11808.26 | 16026.48 |
| 4.10 | 599.40 | 0.04 | 8.70 | 4.11 | 560.39 | 939.08 | 6797.67 | 3.94 | 17.99 | 875.69 | 6714.52 | 11940.74 | 16117.28 | 21.24 | 19.51 | 11808.70 | 16028.58 |
| 4.11 | 599.49 | 0.04 | 8.64 | 4.12 | 560.34 | 939.39 | 6798.77 | 3.88 | 17.80 | 875.90 | 6715.16 | 11941.59 | 16120.56 | 20.91 | 19.24 | 11809.01 | 16031.28 |
| 4.12 | 599.60 | 0.04 | 8.58 | 4.13 | 560.32 | 939.72 | 6799.92 | 3.83 | 17.61 | 876.11 | 6715.85 | 11942.31 | 16122.95 | 20.59 | 18.96 | 11809.17 | 16033.08 |
| 4.13 | 599.78 | 0.04 | 8.52 | 4.14 | 560.33 | 940.05 | 6800.93 | 3.77 | 17.43 | 876.34 | 6716.32 | 11943.23 | 16125.98 | 20.27 | 18.69 | 11809.56 | 16035.65 |
| 4.14 | 599.90 | 0.04 | 8.47 | 4.15 | 560.30 | 940.37 | 6801.84 | 3.72 | 17.24 | 876.56 | 6716.77 | 11943.76 | 16128.09 | 19.95 | 18.43 | 11809.56 | 16037.27 |
| 4.16 | 599.97 | 0.04 | 8.41 | 4.16 | 560.22 | 940.74 | 6802.91 | 3.67 | 17.06 | 876.82 | 6717.37 | 11944.81 | 16131.27 | 19.63 | 18.17 | 11810.09 | 16039.95 |
| 4.17 | 600.07 | 0.04 | 8.36 | 4.18 | 560.17 | 941.12 | 6804.04 | 3.61 | 16.88 | 877.09 | 6718.04 | 11945.86 | 16134.13 | 19.32 | 17.90 | 11810.60 | 16042.27 |
| 4.18 | 600.15 | 0.04 | 8.30 | 4.19 | 560.12 | 941.50 | 6805.21 | 3.56 | 16.70 | 877.36 | 6718.75 | 11946.87 | 16137.02 | 19.01 | 17.64 | 11811.10 | 16044.60 |
| 4.19 | 600.24 | 0.04 | 8.25 | 4.20 | 560.07 | 941.90 | 6806.25 | 3.52 | 16.52 | 877.66 | 6719.35 | 11947.80 | 16139.77 | 18.70 | 17.38 | 11811.52 | 16046.81 |
| 4.20 | 600.32 | 0.04 | 8.20 | 4.21 | 560.01 | 942.31 | 6807.34 | 3.47 | 16.35 | 877.95 | 6719.99 | 11948.66 | 16142.37 | 18.40 | 17.13 | 11811.87 | 16048.83 |
| 4.21 | 600.43 | 0.04 | 8.15 | 4.22 | 559.99 | 942.72 | 6808.43 | 3.42 | 16.17 | 878.25 | 6720.65 | 11949.61 | 16145.16 | 18.11 | 16.87 | 11812.32 | 16051.05 |
| 4.22 | 600.49 | 0.04 | 8.10 | 4.23 | 559.91 | 943.14 | 6809.50 | 3.38 | 16.00 | 878.55 | 6721.29 | 11950.56 | 16147.74 | 17.81 | 16.62 | 11812.78 | 16052.97 |
| 4.23 | 600.60 | 0.04 | 8.05 | 4.24 | 559.89 | 943.56 | 6810.50 | 3.33 | 15.83 | 878.86 | 6721.88 | 11951.55 | 16150.65 | 17.52 | 16.37 | 11813.29 | 16055.33 |
| 4.24 | 600.65 | 0.04 | 7.99 | 4.24 | 559.76 | 943.99 | 6810.89 | 3.29 | 15.66 | 879.17 | 6722.98 | 11951.48 | 16152.69 | 17.24 | 16.11 | 11816.86 | 16059.30 |
| 4.25 | 600.76 | 0.03 | 7.95 | 4.25 | 559.73 | 944.44 | 6811.80 | 3.24 | 15.49 | 879.51 | 6723.49 | 11952.30 | 16155.26 | 16.96 | 15.88 | 11817.26 | 16061.32 |
| 4.26 | 600.84 | 0.03 | 7.90 | 4.27 | 559.68 | 944.87 | 6813.15 | 3.20 | 15.33 | 879.82 | 6724.43 | 11953.84 | 16158.27 | 16.68 | 15.63 | 11818.40 | 16063.82 |
| 4.28 | 600.91 | 0.03 | 7.85 | 4.28 | 559.64 | 945.33 | 6814.50 | 3.16 | 15.16 | 880.17 | 6725.38 | 11954.78 | 16160.52 | 16.40 | 15.41 | 11818.91 | 16065.55 |
| 4.29 | 600.99 | 0.03 | 7.81 | 4.29 | 559.60 | 945.79 | 6815.66 | 3.12 | 15.00 | 880.53 | 6726.13 | 11956.05 | 16163.18 | 16.13 | 15.17 | 11819.77 | 16067.68 |
| 4.30 | 601.06 | 0.03 | 7.76 | 4.30 | 559.56 | 946.26 | 6816.70 | 3.09 | 14.84 | 880.88 | 6726.77 | 11957.32 | 16166.04 | 15.86 | 14.95 | 11820.60 | 16069.96 |
| 4.31 | 601.16 | 0.03 | 7.72 | 4.31 | 559.54 | 946.74 | 6817.71 | 3.05 | 14.68 | 881.26 | 6727.40 | 11958.42 | 16168.56 | 15.60 | 14.71 | 11821.28 | 16071.92 |
| 4.32 | 601.23 | 0.03 | 7.67 | 4.32 | 559.50 | 947.24 | 6818.72 | 3.01 | 14.52 | 881.66 | 6728.03 | 11959.43 | 16171.11 | 15.34 | 14.49 | 11821.85 | 16073.97 |
| 4.33 | 601.31 | 0.03 | 7.63 | 4.33 | 559.45 | 947.71 | 6819.67 | 2.98 | 14.37 | 882.02 | 6728.61 | 11960.39 | 16173.46 | 15.08 | 14.27 | 11822.37 | 16075.80 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|--------|------|------|------|--------|---------|---------|------|-------|--------|---------|----------|----------|-------|-------|----------|----------|
| 4.47 | 602.42 | 0.02 | 7.11 | 4.45 | 560.23 | 955.22 | 6832.94 | 2.61 | 12.38 | 888.22 | 6739.69 | 11973.47 | 16205.28 | 11.89 | 11.43 | 11829.90 | 16105.27 |
| 4.48 | 602.45 | 0.02 | 7.08 | 4.46 | 560.17 | 955.80 | 6833.73 | 2.59 | 12.25 | 888.73 | 6740.24 | 11974.45 | 16207.44 | 11.70 | 11.25 | 11830.51 | 16107.09 |
| 4.48 | 602.56 | 0.02 | 7.05 | 4.47 | 560.20 | 956.40 | 6834.68 | 2.57 | 12.12 | 889.24 | 6740.94 | 11975.69 | 16209.88 | 11.50 | 11.08 | 11831.39 | 16109.17 |
| 4.49 | 602.60 | 0.02 | 7.02 | 4.48 | 560.15 | 957.00 | 6835.53 | 2.56 | 12.00 | 889.76 | 6741.52 | 11976.69 | 16211.89 | 11.31 | 10.90 | 11832.06 | 16110.79 |
| 4.50 | 602.65 | 0.02 | 6.99 | 4.49 | 560.12 | 957.64 | 6836.30 | 2.54 | 11.88 | 890.32 | 6741.95 | 11977.97 | 16214.07 | 11.13 | 10.73 | 11833.00 | 16112.51 |
| 4.51 | 602.72 | 0.02 | 6.96 | 4.50 | 560.10 | 958.24 | 6837.13 | 2.53 | 11.75 | 890.85 | 6742.48 | 11979.07 | 16216.15 | 10.95 | 10.56 | 11833.78 | 16114.17 |
| 4.52 | 602.79 | 0.02 | 6.94 | 4.51 | 560.09 | 958.83 | 6837.81 | 2.52 | 11.64 | 891.38 | 6742.87 | 11980.32 | 16218.32 | 10.77 | 10.39 | 11834.70 | 16115.94 |
| 4.53 | 602.86 | 0.02 | 6.91 | 4.51 | 560.08 | 959.42 | 6838.55 | 2.51 | 11.52 | 891.91 | 6743.32 | 11981.34 | 16220.23 | 10.60 | 10.23 | 11835.40 | 16117.46 |
| 4.54 | 602.87 | 0.02 | 6.88 | 4.52 | 561.05 | 960.01 | 6839.40 | 2.50 | 11.40 | 892.44 | 6748.15 | 11982.36 | 16222.10 | 10.43 | 10.06 | 11836.12 | 16124.40 |
| 4.55 | 602.93 | 0.02 | 6.86 | 4.53 | 561.04 | 960.61 | 6840.34 | 2.49 | 11.28 | 892.98 | 6748.80 | 11983.44 | 16223.90 | 10.26 | 9.91 | 11836.90 | 16125.97 |
| 4.55 | 602.99 | 0.02 | 6.83 | 4.54 | 561.04 | 961.26 | 6840.95 | 2.48 | 11.17 | 893.57 | 6749.14 | 11984.56 | 16225.83 | 10.10 | 9.76 | 11837.73 | 16127.71 |
| 4.56 | 603.02 | 0.02 | 6.81 | 4.55 | 561.01 | 961.84 | 6841.38 | 2.47 | 11.05 | 894.10 | 6749.35 | 11985.88 | 16228.10 | 9.95 | 9.61 | 11838.76 | 16129.65 |
| 4.57 | 603.07 | 0.02 | 6.79 | 4.56 | 561.00 | 962.49 | 6842.13 | 2.47 | 10.95 | 894.69 | 6749.79 | 11986.84 | 16229.88 | 9.80 | 9.45 | 11839.44 | 16131.16 |
| 4.58 | 603.10 | 0.02 | 6.77 | 4.56 | 560.97 | 963.16 | 6842.89 | 2.47 | 10.84 | 895.31 | 6750.24 | 11988.23 | 16232.10 | 9.65 | 9.31 | 11840.56 | 16133.05 |
| 4.59 | 603.13 | 0.02 | 6.75 | 4.57 | 560.94 | 963.80 | 6843.88 | 2.46 | 10.74 | 895.89 | 6750.88 | 11989.30 | 16233.99 | 9.51 | 9.17 | 11841.35 | 16134.56 |
| 4.60 | 603.17 | 0.02 | 6.73 | 4.58 | 560.92 | 964.48 | 6844.61 | 2.46 | 10.64 | 896.52 | 6751.28 | 11990.57 | 16236.02 | 9.37 | 9.03 | 11842.36 | 16136.23 |
| 4.61 | 603.20 | 0.02 | 6.71 | 4.59 | 560.88 | 965.16 | 6845.50 | 2.46 | 10.54 | 897.14 | 6751.80 | 11991.70 | 16238.00 | 9.24 | 8.90 | 11843.23 | 16137.81 |
| 4.62 | 603.26 | 0.02 | 6.70 | 4.60 | 560.89 | 965.85 | 6846.28 | 2.46 | 10.44 | 897.77 | 6752.30 | 11992.81 | 16239.72 | 9.11 | 8.77 | 11844.09 | 16139.17 |
| 4.63 | 602.65 | 0.02 | 6.70 | 4.61 | 561.22 | 966.51 | 6846.75 | 2.46 | 10.38 | 898.38 | 6759.90 | 11993.88 | 16241.06 | 8.99 | 8.65 | 11844.92 | 16148.25 |
| 4.63 | 602.76 | 0.02 | 6.68 | 4.62 | 561.33 | 967.24 | 6847.18 | 2.47 | 10.28 | 899.05 | 6760.10 | 11995.00 | 16243.10 | 8.87 | 8.52 | 11845.80 | 16149.94 |
| 4.64 | 602.91 | 0.02 | 6.67 | 4.62 | 561.47 | 967.97 | 6847.78 | 2.47 | 10.18 | 899.72 | 6760.47 | 11996.26 | 16244.99 | 8.75 | 8.40 | 11846.82 | 16151.55 |
| 4.65 | 603.05 | 0.02 | 6.66 | 4.63 | 561.57 | 968.68 | 6848.41 | 2.48 | 10.09 | 900.36 | 6760.86 | 11997.41 | 16246.79 | 8.64 | 8.28 | 11847.74 | 16152.98 |
| 4.66 | 603.15 | 0.02 | 6.65 | 4.64 | 561.64 | 969.40 | 6849.07 | 2.48 | 10.00 | 901.02 | 6761.26 | 11998.59 | 16248.69 | 8.54 | 8.17 | 11848.69 | 16154.58 |
| 4.67 | 603.25 | 0.02 | 6.64 | 4.65 | 561.71 | 970.14 | 6849.72 | 2.49 | 9.92 | 901.69 | 6761.65 | 11999.71 | 16250.38 | 8.43 | 8.05 | 11849.60 | 16155.88 |
| 4.68 | 603.36 | 0.02 | 6.63 | 4.66 | 561.77 | 970.88 | 6850.35 | 2.50 | 9.83 | 902.38 | 6761.86 | 12000.98 | 16252.29 | 8.34 | 7.94 | 11850.66 | 16157.33 |
| 4.69 | 603.44 | 0.02 | 6.62 | 4.67 | 561.82 | 971.63 | 6851.00 | 2.51 | 9.75 | 903.08 | 6762.24 | 12002.16 | 16253.90 | 8.25 | 7.84 | 11851.64 | 16158.62 |
| 4.69 | 603.55 | 0.02 | 6.61 | 4.67 | 561.89 | 972.38 | 6851.53 | 2.52 | 9.67 | 903.79 | 6762.49 | 12003.34 | 16255.61 | 8.16 | 7.73 | 11852.62 | 16160.00 |
| 4.70 | 603.61 | 0.02 | 6.60 | 4.68 | 561.90 | 973.13 | 6852.03 | 2.53 | 9.59 | 904.50 | 6762.76 | 12004.43 | 16257.18 | 8.07 | 7.64 | 11853.52 | 16161.26 |
| 4.71 | 603.57 | 0.02 | 6.59 | 4.69 | 561.97 | 973.87 | 6852.56 | 2.54 | 9.53 | 905.21 | 6764.53 | 12005.21 | 16258.53 | 8.00 | 7.55 | 11854.16 | 16165.55 |
| 4.72 | 603.65 | 0.02 | 6.58 | 4.70 | 562.02 | 974.64 | 6853.07 | 2.56 | 9.45 | 905.94 | 6764.93 | 12006.59 | 16260.10 | 7.93 | 7.44 | 11855.34 | 16167.06 |
| 4.73 | 603.76 | 0.02 | 6.58 | 4.70 | 562.10 | 975.40 | 6853.67 | 2.57 | 9.38 | 906.66 | 6765.41 | 12007.73 | 16261.59 | 7.86 | 7.36 | 11856.32 | 16168.33 |
| 4.73 | 603.86 | 0.02 | 6.58 | 4.71 | 562.18 | 976.15 | 6854.49 | 2.59 | 9.32 | 907.38 | 6766.09 | 12009.08 | 16263.26 | 7.79 | 7.27 | 11857.52 | 16169.84 |
| 4.74 | 603.95 | 0.02 | 6.57 | 4.72 | 562.24 | 976.93 | 6855.20 | 2.61 | 9.25 | 908.13 | 6766.65 | 12010.33 | 16264.98 | 7.73 | 7.19 | 11858.62 | 16171.28 |
| 4.75 | 604.01 | 0.02 | 6.57 | 4.73 | 562.29 | 977.74 | 6855.86 | 2.63 | 9.19 | 908.90 | 6767.15 | 12011.67 | 16266.51 | 7.67 | 7.11 | 11859.82 | 16172.60 |
| 4.76 | 604.09 | 0.02 | 6.57 | 4.73 | 562.36 | 978.54 | 6856.47 | 2.65 | 9.12 | 909.67 | 6767.59 | 12012.91 | 16268.09 | 7.62 | 7.04 | 11860.92 | 16173.95 |
| 4.76 | 604.16 | 0.02 | 6.57 | 4.74 | 562.41 | 979.35 | 6857.05 | 2.67 | 9.06 | 910.45 | 6768.01 | 12014.22 | 16269.65 | 7.58 | 6.96 | 11862.11 | 16175.29 |
| 4.77 | 604.23 | 0.02 | 6.57 | 4.75 | 562.48 | 980.17 | 6857.60 | 2.69 | 9.01 | 911.23 | 6768.39 | 12015.37 | 16271.02 | 7.53 | 6.89 | 11863.14 | 16176.27 |
| 4.78 | 604.31 | 0.02 | 6.57 | 4.76 | 562.55 | 981.04 | 6858.14 | 2.72 | 8.95 | 912.08 | 6768.78 | 12016.39 | 16272.03 | 7.50 | 6.83 | 11864.06 | 16177.06 |
| 4.79 | 604.38 | 0.02 | 6.57 | 4.76 | 562.59 | 981.81 | 6858.53 | 2.74 | 8.89 | 912.81 | 6773.15 | 12017.65 | 16273.63 | 7.46 | 6.77 | 11865.21 | 16184.20 |
| 4.79 | 604.45 | 0.02 | 6.58 | 4.77 | 562.63 | 982.62 | 6859.04 | 2.77 | 8.84 | 913.60 | 6773.60 | 12018.85 | 16274.87 | 7.44 | 6.71 | 11866.32 | 16185.36 |
| 4.80 | 604.54 | 0.02 | 6.58 | 4.78 | 562.71 | 983.46 | 6859.58 | 2.80 | 8.79 | 914.41 | 6774.04 | 12020.15 | 16276.36 | 7.41 | 6.66 | 11867.54 | 16186.77 |
| 4.81 | 604.58 | 0.02 | 6.59 | 4.79 | 562.74 | 984.32 | 6860.09 | 2.82 | 8.75 | 915.24 | 6774.48 | 12021.41 | 16277.72 | 7.40 | 6.61 | 11868.73 | 16188.04 |
| 4.81 | 604.70 | 0.02 | 6.59 | 4.79 | 562.86 | 985.18 | 6860.66 | 2.86 | 8.70 | 916.07 | 6774.99 | 12022.88 | 16279.35 | 7.38 | 6.57 | 11870.11 | 16189.58 |
| 4.82 | 604.78 | 0.02 | 6.60 | 4.80 | 562.93 | 986.00 | 6861.23 | 2.89 | 8.66 | 916.88 | 6775.49 | 12024.20 | 16280.76 | 7.38 | 6.52 | 11871.36 | 16191.06 |
| 4.83 | 604.88 | 0.02 | 6.61 | 4.81 | 563.03 | 986.87 | 6861.76 | 2.92 | 8.62 | 917.73 | 6775.95 | 12025.51 | 16282.07 | 7.37 | 6.48 | 11872.58 | 16192.29 |
| 4.84 | 604.92 | 0.02 | 6.62 | 4.81 | 563.07 | 987.68 | 6862.19 | 2.95 | 8.59 | 918.50 | 6776.32 | 12026.77 | 16283.25 | 7.37 | 6.45 | 11873.77 | 16193.41 |
| 4.84 | 605.09 | 0.02 | 6.63 | 4.82 | 563.25 | 988.57 | 6862.69 | 2.99 | 8.55 | 919.38 | 6776.74 | 12028.07 | 16284.53 | 7.38 | 6.41 | 11875.00 | 16194.58 |
| 4.85 | 605.12 | 0.02 | 6.64 | 4.83 | 563.28 | 989.47 | 6863.14 | 3.02 | 8.52 | 920.26 | 6777.13 | 12029.34 | 16285.71 | 7.39 | 6.39 | 11876.21 | 16195.70 |
| 4.86 | 605.26 | 0.02 | 6.66 | 4.84 | 563.40 | 990.36 | 6863.64 | 3.06 | 8.49 | 921.13 | 6777.81 | 12030.59 | 16286.95 | 7.41 | 6.36 | 11877.39 | 16197.16 |
| 4.87 | 605.28 | 0.02 | 6.67 | 4.84 | 563.42 | 991.28 | 6864.09 | 3.10 | 8.46 | 922.04 | 6778.21 | 12031.56 | 16287.90 | 7.43 | 6.34 | 11878.30 | 16198.01 |
| 4.87 | 605.41 | 0.02 | 6.68 | 4.85 | 563.56 | 992.19 | 6864.51 | 3.14 | 8.44 | 922.93 | 6778.57 | 12033.14 | 16289.34 | 7.45 | 6.32 | 11879.83 | 16199.41 |
| 4.88 | 605.44 | 0.02 | 6.70 | 4.86 | 563.60 | 993.07 | 6864.89 | 3.18 | 8.41 | 923.80 | 6778.90 | 12034.38 | 16290.34 | 7.48 | 6.31 | 11881.04 | 16200.36 |
| 4.89 | 605.54 | 0.02 | 6.72 | 4.86 | 563.72 | 994.00 | 6865.76 | 3.23 | 8.40 | 924.72 | 6779.32 | 12035.91 | 16291.76 | 7.52 | 6.30 | 11882.54 | 16201.43 |
| 4.89 | 605.58 | 0.02 | 6.73 | 4.87 | 563.77 | 994.93 | 6866.17 | 3.27 | 8.37 | 925.63 | 6779.57 | 12037.28 | 16292.85 | 7.56 | 6.29 | 11883.89 | 16202.30 |
| 4.90 | 605.70 | 0.02 | 6.75 | 4.87 | 563.90 | 995.90 | 6866.63 | 3.32 | 8.36 | 926.60 | 6779.90 | 12038.67 | 16293.90 | 7.60 | 6.29 | 11885.28 | 16203.26 |
| 4.90 | 605.73 | 0.02 | 6.77 | 4.88 | 563.95 | 996.85 | 6866.78 | 3.36 | 8.35 | 927.53 | 6779.92 | 12040.09 | 16295.05 | 7.65 | 6.29 | 11886.70 | 16204.29 |
| 4.91 | 605.83 | 0.02 | 6.79 | 4.89 | 564.07 | 997.76 | 6866.98 | 3.41 | 8.34 | 928.44 | 6780.01 | 12041.53 | 16296.16 | 7.71 | 6.30 | 11888.16 | 16205.33 |
| 4.91 | 605.85 | 0.02 | 6.81 | 4.89 | 564.10 | 998.69 | 6867.23 | 3.46 | 8.33 | 929.36 | 6780.18 | 12042.93 | 16297.19 | 7.77 | 6.30 | 11889.57 | 16206.31 |
| 4.92 | 605.86 | 0.02 | 6.84 | 4.90 | 564.89 | 999.61 | 6867.70 | 3.51 | 8.33 | 930.29 | 6783.14 | 12044.24 | 16298.17 | 7.83 | 6.32 | 11890.90 | 16209.82 |
| 4.92 | 605.88 | 0.02 | 6.86 | 4.90 | 564.93 | 1000.54 | 6868.00 | 3.56 | 8.32 | 931.23 | 6783.42 | 12045.48 | 16299.19 | 7.90 | 6.33 | 11892.17 | 16210.83 |
| 4.93 | 605.97 | 0.02 | 6.88 | 4.91 | 565.04 | 1001.48 | 6868.24 | 3.62 | 8.32 | 932.17 | 6783.64 | 12046.98 | 16300.21 | 7.98 | 6.35 | 11893.69 | 16211.88 |
| 4.93 | 606.02 | 0.02 | 6.91 | 4.91 | 565.12 | 1002.41 | 6868.54 | 3.67 | 8.32 | 933.10 | 6783.94 | 12048.52 | 16301.39 | 8.06 | 6.38 | 11895.26 | 16213.07 |
| 4.94 | 606.15 | 0.02 | 6.94 | 4.92 | 565.28 | 1003.32 | 6868.85 | 3.73 | 8.32 | 934.03 | 6784.38 | 12050.03 | 16302.46 | 8.14 | | | |

Pemodelan dengan GAMBIT

Setelah di dapatkan data tangki *Independent Supporting Tank* Tipe C maka selanjutnya adalah dengan melakukan pemodelan tangki, model tangki yang dibuat adalah tangki 2 Dimensi berbentuk geometri *Bilobe* dengan dimensi lebar 6.65 m dan tinggi 6.9 m dengan skala 1:1000. Langkah – Langkah membuat model di GAMBIT adalah sebagai berikut :



Gambar 1 Tampilan Awal GAMBIT.

- Pilih *working directory* dengan klik *browse* maka anda bisa menentukan *working directory* yang anda inginkan.
- Klik *run*.
- Maka akan tampil bidang kerja program GAMBIT seperti pada gambar di bawah ini :

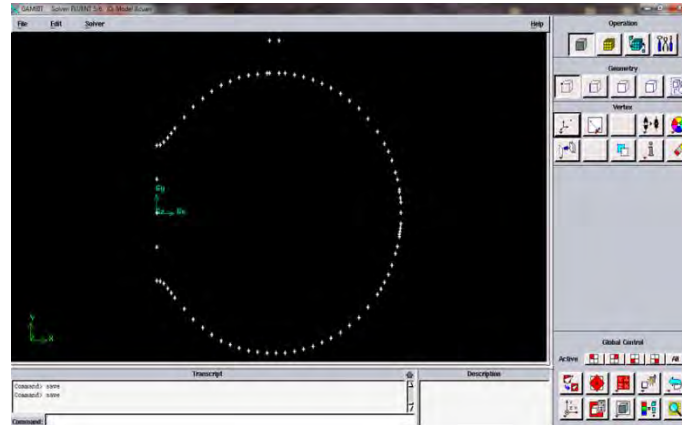


Gambar 2 Tampilan Bidang Kerja GAMBIT.

Membuat Geometri Titik (*Vertex*), Garis (*Edge*) dan Bidang (*Face*) Model

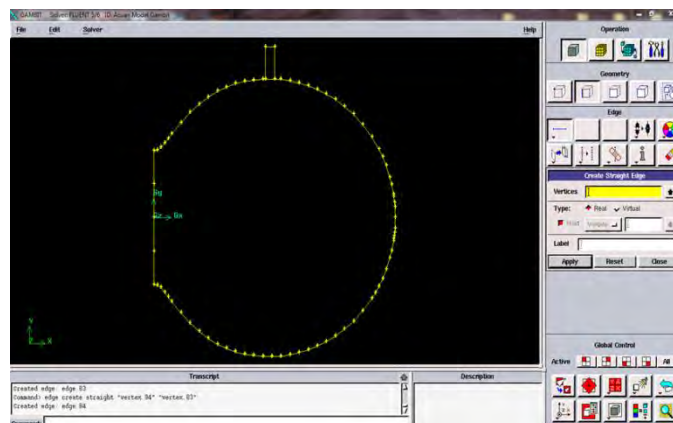
Pada pemodelan tangki 2 Dimensi hal yang harus kita lakukan setelah bidang kerja telah siap adalah :

- a) Membuat *vertex* / titik , lakukan dengan memasukkan koordinat caranya klik **Geometry Command Button > Vertex Command Button > Create Vertex** > pilih Type **Cartesian**, lalu masukkan koordinat, lalu klik **Apply**.



Gambar 3 Tampilan *Vertex*.

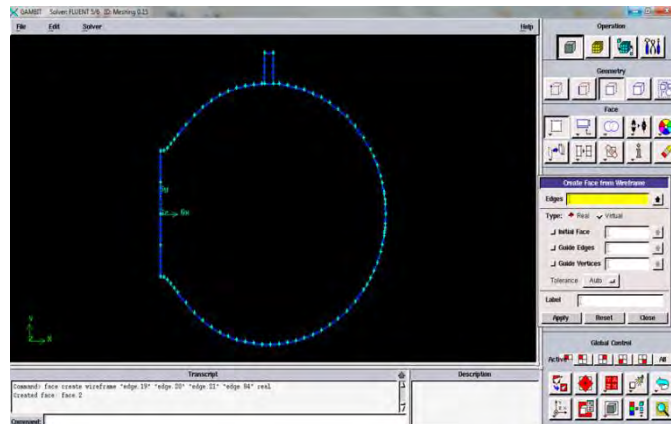
- b) Kemudian langkah selanjutnya adalah membuat garis (*Edge*) caranya adalah klik **Geometry Command Button > Edge Command Button > Create Edge**, *vertex -vertex* dihubungkan menjadi garis dengan cara tahan *mouse* bagian kanan lalu tekan *mouse* bagian kiri maka kursor akan membentuk mata ikan, selanjutnya klik 2 *vertex* yang akan dihubungkan lalu klik kanan, begitu seterusnya sehingga membentuk sebuah garis satu kesatuan. Hasil penyambungan *vertex* menjadi garis ditunjukkan gambar di bawah ini :



Gambar 4 Tampilan *Edge*.

- c) Selanjutnya membuat *face*, caranya klik **Geometry Command Button > Face Command Button > Form Face**, lalu gunakan kursor mata ikan seperti sebelumnya, lalu

klik kiri terhadap seluruh garis yang telah dibuat tadi, lalu klik kanan, maka garis - garis tersebut akan berubah menjadi face.



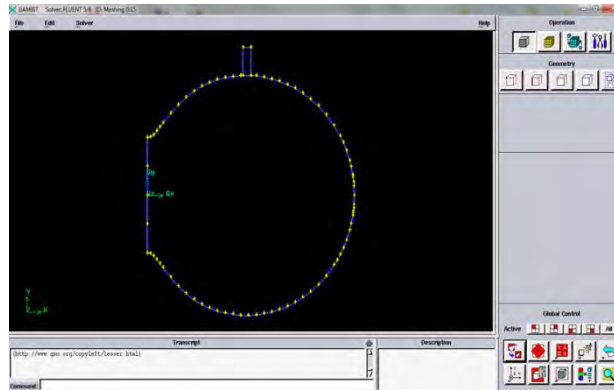
Gambar 5 Tampilan *Face*.

Membuat Meshing pada Gambit

Setelah membuat geometri titik (*Vertex*), garis (*Edge*) dan bidang (*Face*) model langkah berikutnya adalah melakukan pembagian obyek menjadi bagian-bagian kecil atau *meshing*. Ukuran *mesh* yang terdapat pada suatu obyek akan mempengaruhi ketelitian analisis CFD yang akan dilakukan. Semakin kecil ukuran *mesh* pada suatu obyek, maka hasil yang didapatkan akan semakin teliti, tetapi membutuhkan daya komputasi dan waktu yang lebih lama dibandingkan dengan obyek yang memiliki ukuran *mesh* lebih besar. Oleh karena itu, besar ukuran *mesh* harus diatur sedemikian rupa agar diperoleh hasil yang teliti dan diusahakan daya komputasi yang dibutuhkan tidak terlalu besar.

Mesh Garis

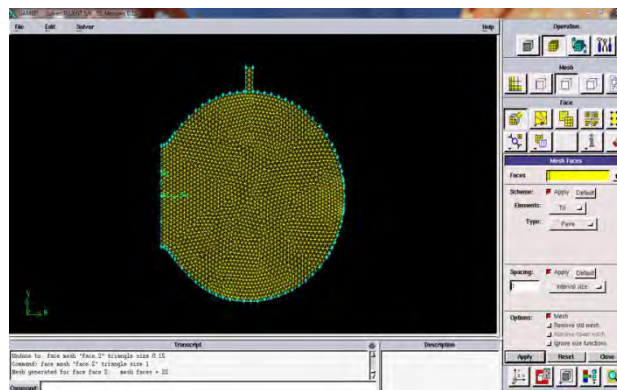
Distribusi *mesh* pada garis dikontrol melalui parameter *spacing* dan *grading* yang terdapat pada menu **Mesh Edges**. Langkah - langkah *meshing* garis yaitu pilih **Mesh Command Button** > **Edge Command Button** > **Mesh Edge**, klik garis – garis lalu masukkan 0.15 untuk interval *spacing edge mesh* lalu klik kanan maka tampilan akan berubah seperti pada gambar di bawah ini :



Gambar 6 Tampilan *Mesh Edge*.

Mesh Bidang / Face

Langkah - langkah *meshing* bidang / *face* yaitu pilih **Mesh Command Button > Face Command Button > Mesh Face**, klik kiri *Face* pada layar lalu klik kanan maka akan perhitungan *grid mesh* dimulai untuk tangki muncul 2 tipe *face* yaitu tangki utama dan pipa *outlet*. Hasil *meshing* ditunjukkan gambar di bawah ini :



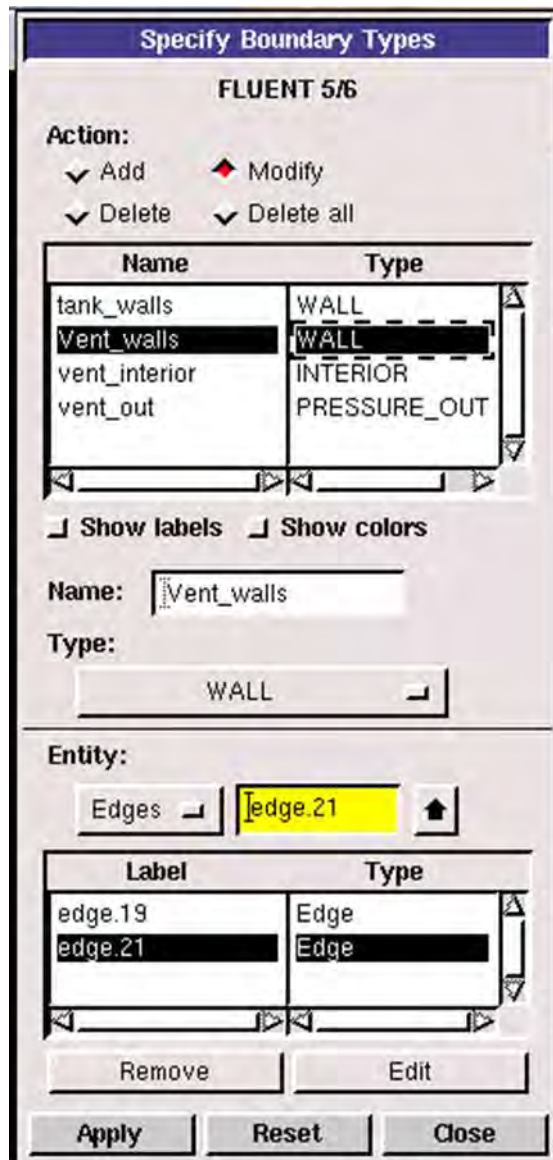
Gambar 7 Tampilan *Mesh Face*.

Pemeriksaan Hasil Mesh

Pemeriksaan hasil *mesh* bertujuan untuk mendapatkan hasil *mesh* yang baik, Langkah memeriksa hasil *mesh* yaitu klik *Examine Mesh* > pilih range, 2D *element*, gambar kotak pada *display type* > pilih *Equisize skew* pada *quality type* > pilih *worst element*, maka pada transkrip menunjukkan nilai hasil pemeriksaan *mesh* pada tangki dianggap memenuhi kriteria jika nilainya lebih kecil dibanding 0.9.

Menentukan Boundary Condition

Untuk menentukan *boundary condition*, langkah yang harus dilakukan adalah klik *Zones Command Button > Specify Boundary Types Command Button >* definisikan boundary pada model klik *add* lalu *apply*. Pada kasus ini *boundary condition* - nya ditentukan untuk garis *longitudinal bulkhead* tipenya adalah *wall*, garis utama lengkung tangki adalah *tank wall* tipenya adalah *wall*.



Gambar 8 Tampilan *Boundary Condition*.

Mengeksport dalam Bentuk.msh

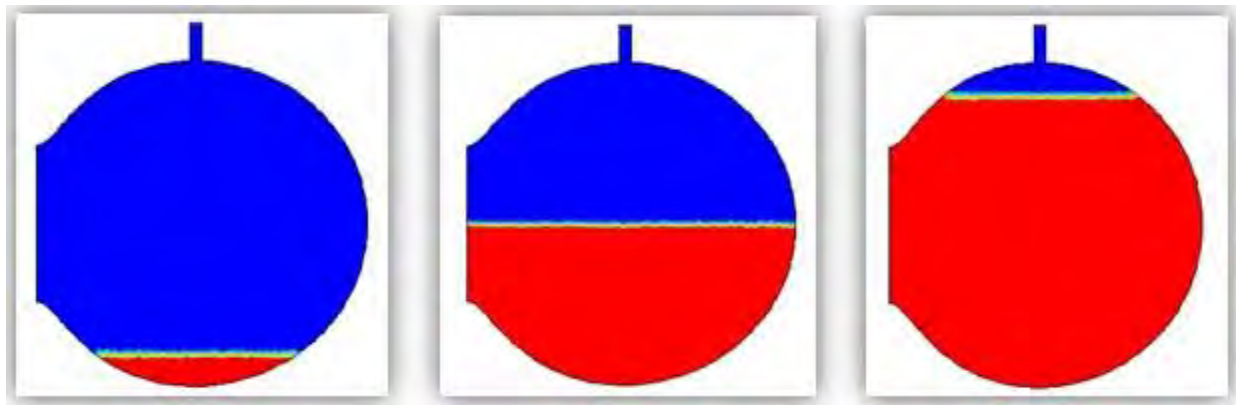
Setelah menentukan *boundary condition* langkah selanjutnya adalah mengeksport model dalam bentuk .msh caranya adalah klik **File > Export > Mesh** > keluar tampilan seperti di bawah ini pilih **Eksport 2-D(x,y) Mesh** lalu klik *accept*, maka model akan tersimpan dalam bentuk .msh.



Gambar 9 Tampilan Eksport *Mesh*.

Memodelkan Ketinggian Filling Level Cairan

Pemodelan ini dilakukan pada *software* FLUENT yaitu pengaturan *region* dimana level pengisian bisa ditentukan dengan memasukkan nilai X max, X min, Y max, Y min sehingga level ketinggian dan lebar pengisian bisa ditentukan, pemodelan ini akan ditunjukkan pada gambar di bawah ini :



Gambar 10 Tampilan Variasi *Filling Level*.

Simulasi Fluent

Tampilan Awal

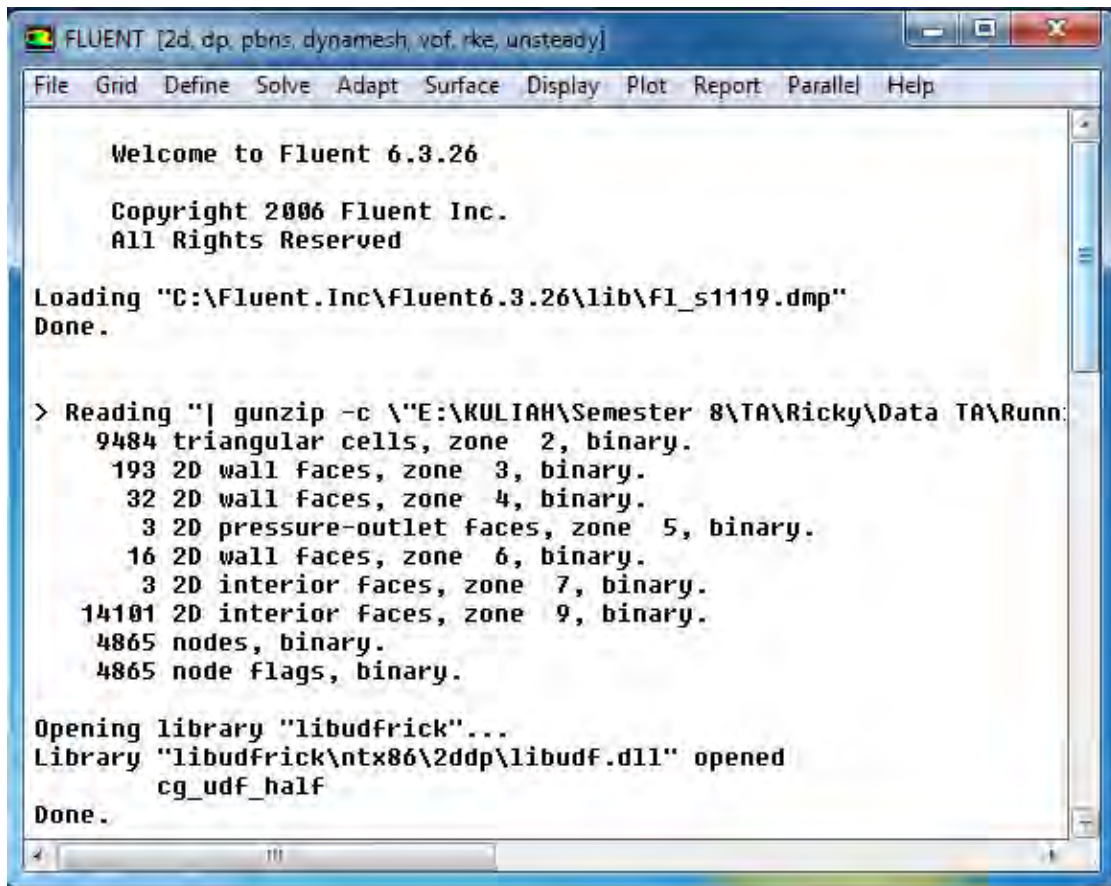
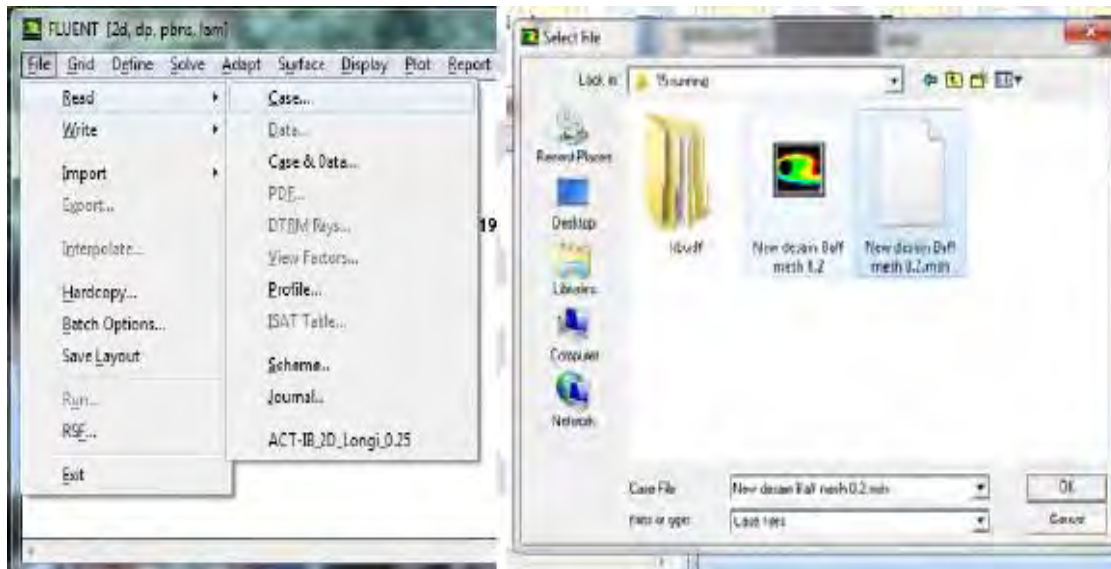
Pada saat membuka Fluent terdapat pilihan untuk menggunakan solver 2D/3D dengan keakuratan tunggal atau keakuratan ganda. Umumnya, keakuratan tunggal lumayan presisi ketika digunakan dalam berbagai kasus, tetapi untuk beberapa kasus tertentu akan lebih baik menggunakan keakuratan ganda. Pada kasus yang kami kerjakan pada Tugas Akhir ini, kami memakai double precision solver (keakuratan ganda) atau dalam versi fluent tertulis **2ddp**. Hal itu dikarenakan pada kasus ini, ukuran yang digunakan sangat panjang sehingga tidak cukup hanya keakuratan tunggal. Kedua, pada tangki ini kami gunakan semacam manifold atau pipa keluar dengan diameter kecil, maka butuh presisi lebih lengkap.



Gambar 11 Tampilan Awal FLUENT.

Mengimpor Mesh

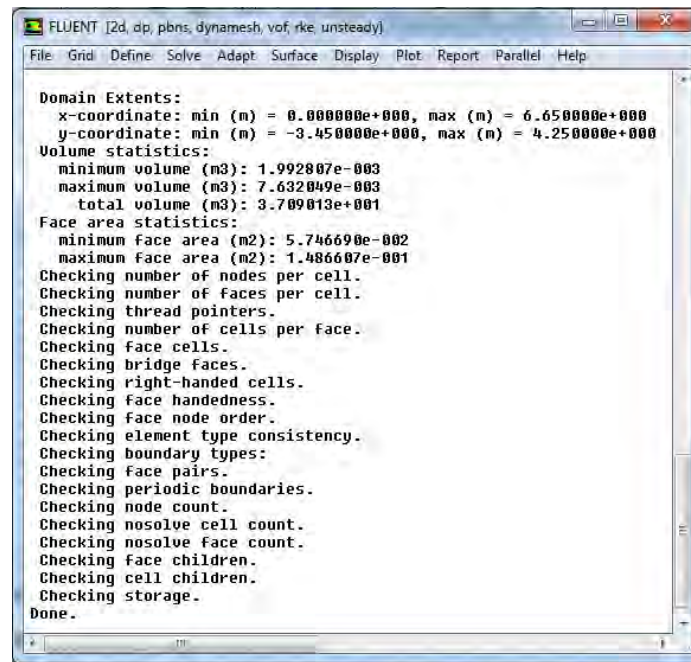
Meshing model yang telah dibuat pada software GAMBIT dibuka di Fluent. Untuk membuka meshing model maka dilakukan dengan perintah **File>Read>Case**. Selanjutnya Fluent akan membaca file model dan melaporkannya.



Gambar 12 Tampilan Lembar Kerja FLUENT.

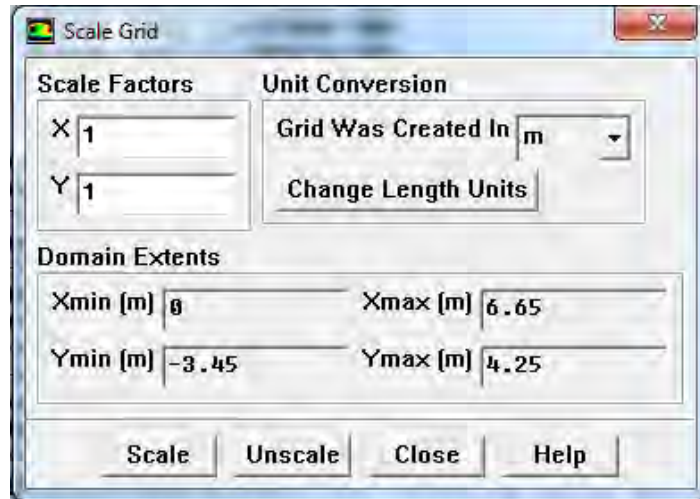
File yang dapat dibuka dalam Fluent adalah file yang berbentuk *.msh dan *.cas. File dengan bentuk *.msh merupakan file mesh model, sedangkan file dengan bentuk *.cas merupakan file

kasus (case) yang berisi mesh model dan semua parameter yang telah ditentukan sebelumnya pada Fluent. Mesh model yang telah dibuka di Fluent harus dicek terlebih dahulu apakah pada mesh tersebut terdapat kesalahan (error) atau tidak. Pengecekan mesh ini harus dilakukan agar kami bisa segera mengetahui segala kesalahan yang ada dan tidak melanjutkan ke langkah berikutnya. Proses pengecekan mesh ini dapat dilakukan melalui perintah **Grid>Check**.



Gambar 13 Tampilan Grid Check.

Setelah kami melakukan proses pengecekan maka akan muncul data mesh model pada konsol Fluent. Apabila terdapat pesan error pada konsol Fluent atau jika nilai minimum volume adalah negatif, maka mesh harus diperbaiki terlebih dahulu di software sebelumnya: Gambit. Tapi jika sudah benar, selanjutnya mengecek scale of the grid dengan cara **Grid>Scale**. Maka kemudian akan nampak pada kotak perintah yaitu faktor skala dan ukuran dua dimensi model dalam unit ukuran tertentu sesuai keinginan kami.



Gambar 14 Tampilan Grid Scale.

Memilih Solver

Fluent menyediakan tiga formulasi solver:

1. *Pressure based*
2. *Density implicit*
3. *Density explicit*

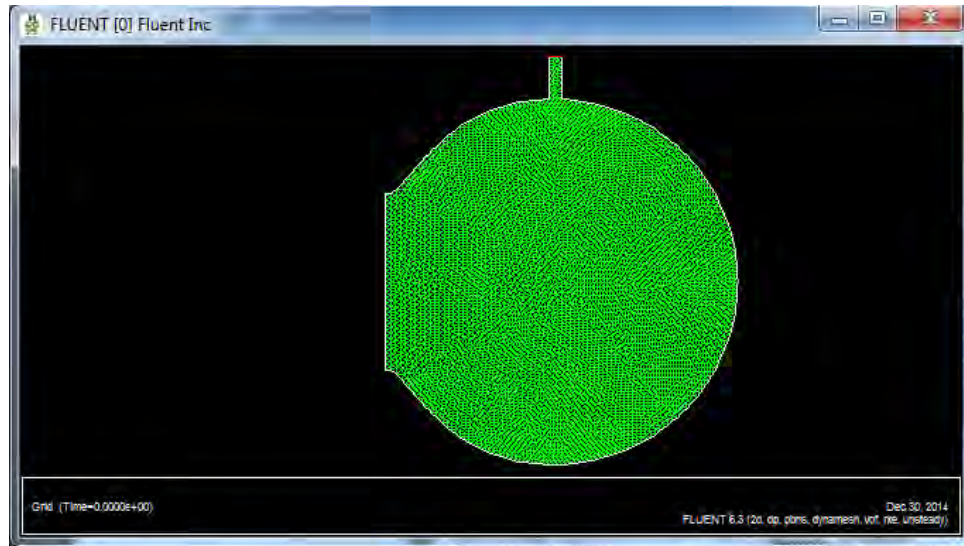
Ketiga formulasi solver tersebut akan menghasilkan solusi yang akurat untuk berbagai jenis kasus, tetapi ada beberapa kasus tertentu salah satu formulasi mungkin dapat menghasilkan solusi yang lebih cepat daripada yang lain. Untuk memilih salah satu dari ketiga solver tersebut, dapat menggunakan panel solver melalui perintah **Define>Model>Solver**. Formulasi *solver pressure based* dan *density based* mempunyai perbedaan pada cara penyelesaian persamaan kontinuitas, momentum, dan energi serta persamaan *spesi transport* (jika diperlukan). Terlihat dari namanya, maka *pressure solver* menggunakan tekanan sebagai dasar penyelesaian. Sementara *density solver* menggunakan massa jenis. Formulasi solver juga dibedakan menurut proses penyelesaiannya yaitu *solver segregated* dan *solver coupled*. *Solver* ini hanya dibedakan antara penyelesaian secara terpisah atau bertahap antara satu persamaan dengan persamaan yang lain (*segregated*) dan penyelesaian secara bersamaan atau bersamaan dalam sekali proses (*coupled*). Secara umum *solver segregated* banyak digunakan untuk kasus dengan fluida inkompresibel dan kompresibel dengan kecepatan aliran rendah sampai menengah. Adapun *solver coupled* lebih banyak digunakan untuk kasus fluida kompresibel dengan kecepatan tinggi. Dalam hal ini, kami memilih *pressure based* karena pada kasus ini, perhatian lebih diberikan

pada pengaruh tekanan terhadap dinding membran. Kemudian untuk Time kami memilih *unsteady* lalu pilih **non-iterative time advancement** untuk list **Transient Controls**.Lalu klik **OK** dan keluar dari panel Solver.



Gambar 15 Tampilan Panel Solver.

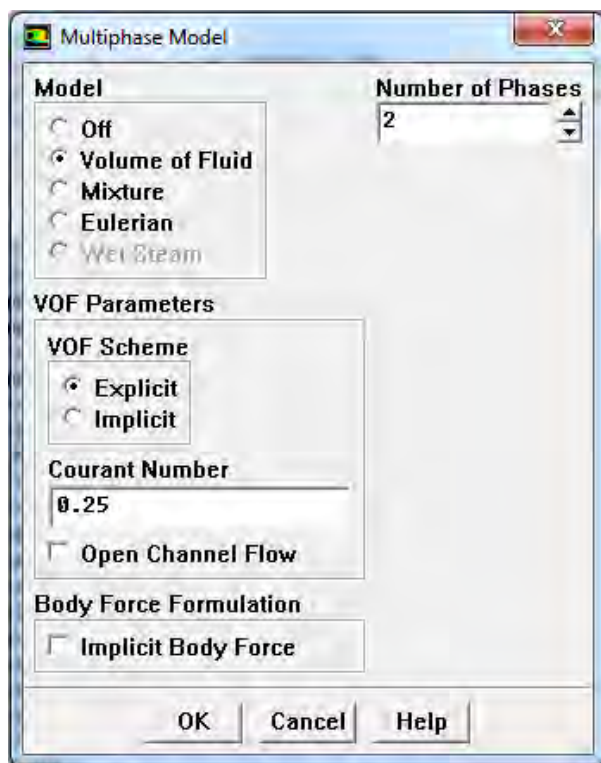
Setelah itu, langkah selanjutnya adalah menampilkan grid atau layar model yaitu **Display>Grid**. Lalu pada pilihan **colors** dipilih untuk nantinya membedakan antara fluida yang diuji dengan batas-batas dimensinya. Setelah masuk dalam box **Grid Colors** maka dipilihlah **colors by id**. Kemudian gambar model ditampilkan dengan menutup box **Grid Colors** dan setelah kembali pada box **Display Grid** lalu dipilihlah **Display** untuk menampilkannya.



Gambar 16 Display Grid.

Model Multifase

Pada aliran multifase, suatu fase dapat didefinisikan sebagai suatu tingkat material yang mempunyai respon inersia terhadap aliran dan berinteraksi dengan aliran dan medan potensial yang ada. Misalnya, material partikel padat yang sama tetapi berbeda ukuran dapat diperlakukan sebagai fase yang berbeda karena sekelompok partikel dengan ukuran yang sama akan mempunyai respon dinamik yang sama terhadap aliran. Langkah untuk menentukan multifase adalah **Define>Models>Multiphase**. Dalam hal ini Fluent menyediakan beberapa fasilitas model seperti **Volume of Fluid (VOF)**, **Mixture**, dan **Eulerian**. Karena dalam hal ini digunakan aliran logam cair dan digunakan pula aliran pada kanal terbuka maka dipilihlah model VOF. Biasanya dalam format bawaan, panel telah menunjukkan pilihan VOF oleh karena itu kami hanya membiarkannya saja.



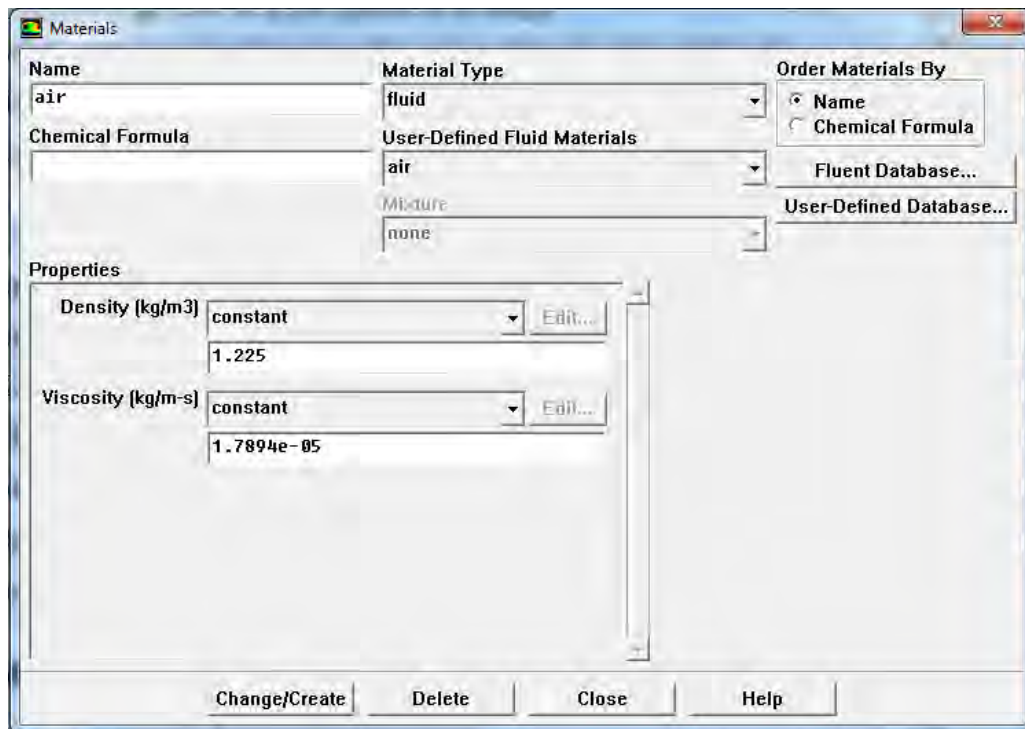
Gambar 17 Tampilan Model Multifase.

Langkah selanjutnya adalah dengan menentukan model viskos. Beberapa model viskos yang tersedia dalam Fluent adalah Inviscid, Laminar, Spalart Allmaras, K-Epsilon, KOmega, Reynold Stress, Large Eddy Simulation. Sebelum menentukan model viscous, harus ditentukan terlebih dahulu apakah aliran fluida yang akan disimulasikan termasuk aliran laminar atau turbulen dengan menghitung bilangan Reynolds terlebih dahulu. Karena dalam kasus ini termasuk dalam aliran turbulen, maka pilihannya adalah model Spalart, k-epsilon, k-omega, Reynolds Stress, dan Large Eddy Simulation. Aliran turbulen dikenali dengan adanya medan kecepatan yang berfluktuasi. Fluktuasi kecepatan tersebut membawa berbagai besaran seperti momentum, energi, konsentrasi partikel, sehingga besaran tersebut juga ikut terfluktuasi. Karena persamaan yang tersedia untuk menghitung itu ternyata memiliki tingkat kesulitan yang tinggi akibat fluktuasi yang tidak menentu fluktuasi dan rumit detailnya, maka ada pendekatan rumus yang biasa dipakai untuk memastikan jenis turbulen ini. Dalam kasus ini kami memilih k-epsilon karena model ini merupakan model turbulensi yang cukup lengkap dengan dua persamaan yang memungkinkan kecepatan turbulen (turbulen velocity) dan skala panjang (length scales) ditentukan secara independen.

Kestabilan, ekonomis (dari sisi komputasi) dan akurasi yang memadai untuk berbagai jenis aliran turbulen membuat model k-epsilon sering digunakan pada simulasi aliran fluida dan perpindahan panas. Model K-Epsilon merupakan model untuk kasus dengan bilangan Reynolds tinggi, sedangkan model RNG menyediakan formula untuk bilangan Reynolds rendah.

Menentukan Jenis Material

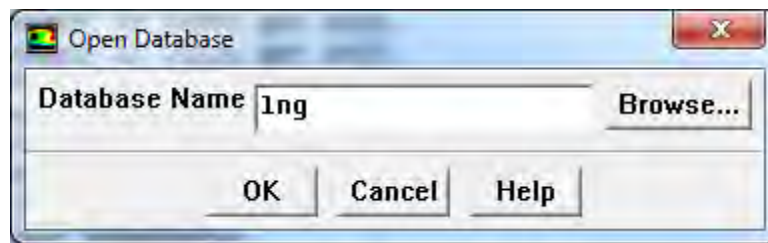
Langkah yang penting dalam permodelan di Fluent adalah mendefinisikan sifat fisik material. Sifat material didefinisikan di panel material dengan perintah **Define>Material**.



Gambar 18 Tampilan Pemilihan Material.

Sifat material ini dapat ditentukan nilainya secara konstan, tergantung temperature (temperature dependant) berdasarkan polinomial, piecewise-linear, fungsi piecewisepolynomial atau didefinisikan berdasarkan teori kinetik. Panel material akan menampilkan sifat yang diperlukan untuk model yang telah kami tentukan. Misalnya, apabila kami tidak mengaktifkan persamaan energi, maka konduktivitas thermal material tidak akan muncul dalam panel material. Secara default, pada panel material seperti yang terlihat pada gambar di bawah ini, hanya akan menampilkan suatu material fluida (udara/air) dan satu material padat (aluminium). Jika fluida yang terlibat pada model adalah udara, kami dapat menggunakan sifat udara yang sudah ada

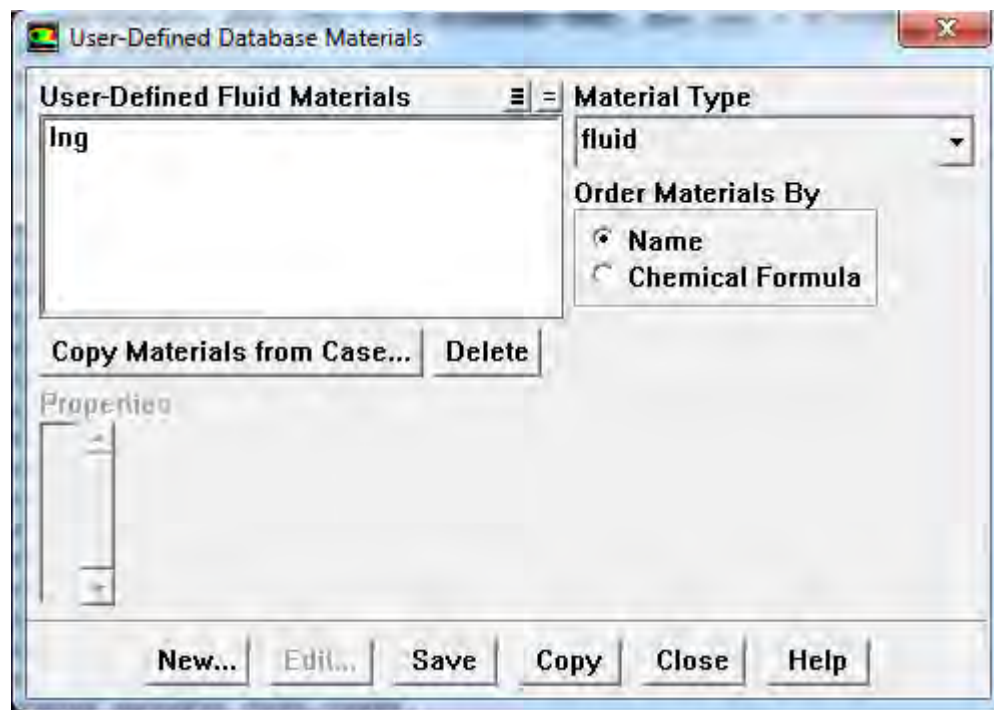
atau mengubah sifat udara sesuai dengan model/kasus ini. Dalam hal ini, karena fluida yang kami pakai adalah dengan menggunakan LNG, maka diperlukan data tambahan yaitu file LNG.



Gambar 19 Tampilan Database Material.

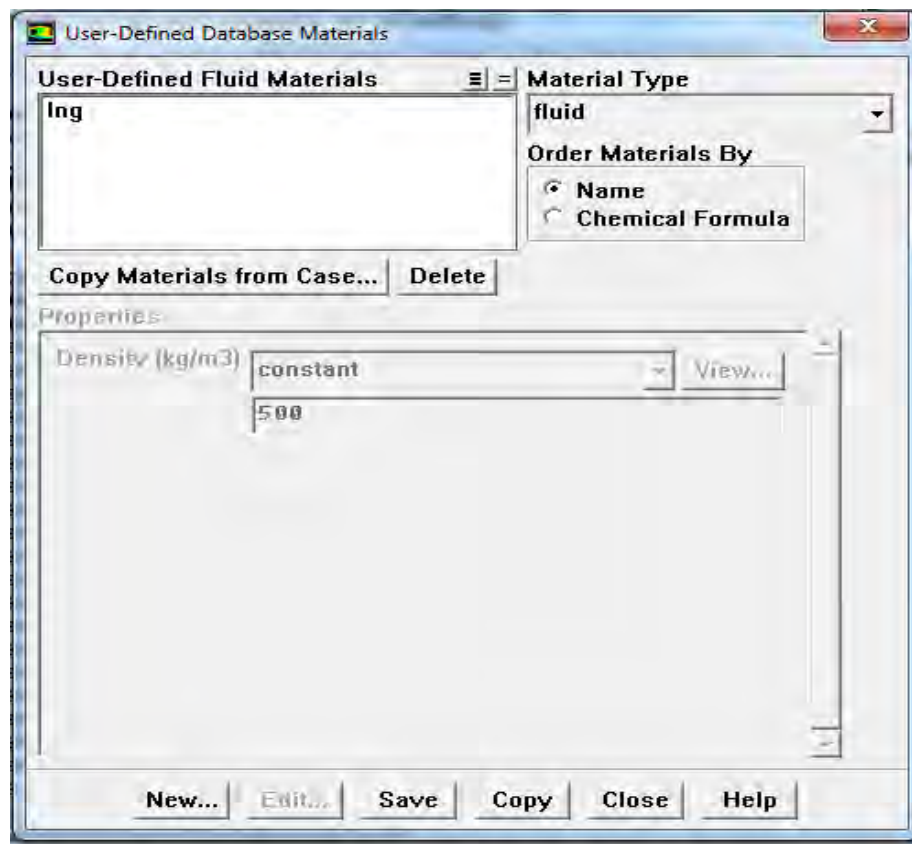
Langkah untuk menentukan jenis material yaitu:

- a) Pilih tipe material pada material type. Ada dua pilihan yaitu solid atau fluid. Maka di sini kami memilih fluid sebagai sifat material dari LNG.
- b) Pilih material yang akan dirubah sifatnya. Dalam hal ini, terdapat dua pilihan data base, yaitu Fluid Database dan User Defined Database. Kami memilih User Defined karena database untuk LNG tidak ada.



Gambar 20 Tampilan User-Defined Material.

1. Memasukkan data LNG ke dalam **Fluent Fluid Materials** dengan cara **User Defined Database>Browse>OK**. Copy dan close **Fluent Database Materials**.



Gambar 21 Penggunaan Karakteristik LNG.

2. Klik **Change/Create** dan tutup panel materials.

Menentukan Fase

Define>Phases.

Fase ini berhubungan dengan interaksi dengan dua atau lebih fluida yang bersama dalam satu model. Sebagai contoh dalam hal ini, fase pertama adalah sedangkan fase kedua adalah LNG. Setelah kami melewati langkah **Define>Phases** maka selanjutnya adalah melalui langkah merubah phase 1 dan phase 2 pada panel **Phases**. Pilih Phases 1 dalam list Phases dan klik set. Masukkan “air” (udara) dalam **Phase Material drop-down**. Klik OK. Kemudian kami melakukan hal yang sama untuk merubah secondary phases (phase 2) menjadi LNG.



Gambar 22 Penentuan Fase.

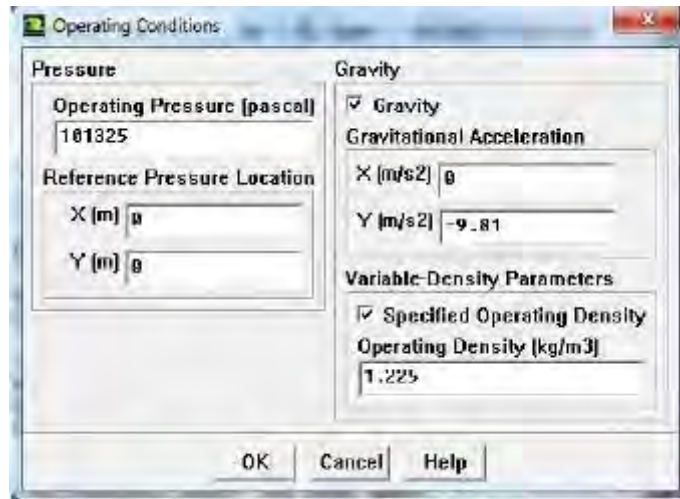
Menentukan Kondisi Operasi

Setelah menentukan model viscous, kami kemudian menentukan kondisi operasi (operating condition) pada model. Yang harus ditentukan pada kondisi operasi adalah :

- a) Tekanan (tekanan operasi dan lokasi referensi tekanan)
- b) Percepatan gravitasi (besar dan arahnya)
- c) Massa jenis operasi
- d) Temperatur operasi

Tahapan mengatur kondisi operasi :

1. Cara mengatur **gravitational acceleration**.
2. Mengaktifkan Gravity
3. Masukkan angka -9.81 m/s^2 untuk kolom Y di box Gravitational Acceleration. Karena alas tangki mengacu pada sumbu Y, maka titik gravity bernilai negatif.
4. Mengaktifkan Specified Operating Density di dalam grup box Variable-Density Parameters group. Biarkan angka default dari Operating Density: 1.225 kg/m^3 .
6. Biarkan nilai default nol untuk box X dan Y dalam grup box Reference PressureLocation.

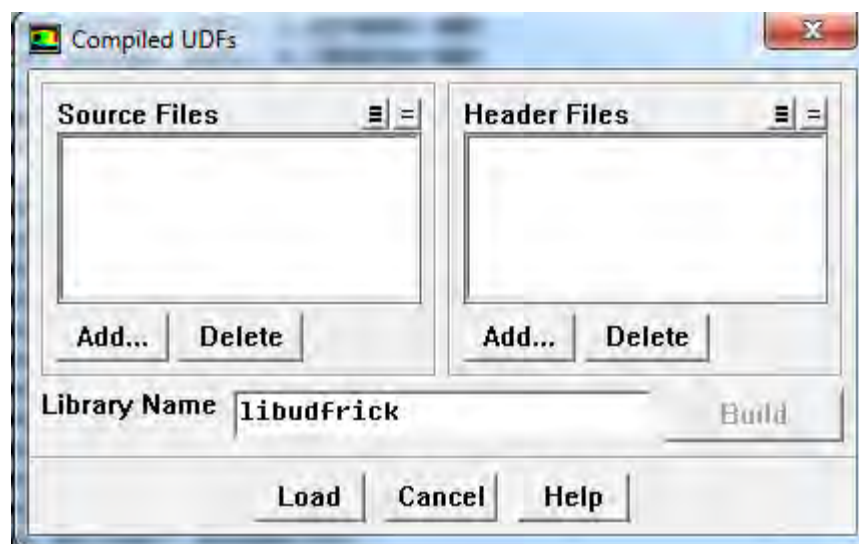


Gambar 23 Tampilan Kondisi Operasi.

Klik OK untuk menutup panel **Operating Conditions**. Dalam hal ini, FLUENT menentukan **zero velocity condition** untuk semua dinding. Juga termasuk kondisi tekanan pada saat batas outlet di atas ditentukan dengan nilai *default zero gauge* (atau atmosferik). Sehingga, tidak perlu lagi merubah kondisi batas. Biarkan kondisi batas sebagaimana yang telah ditentukan (*default*).

User Defined

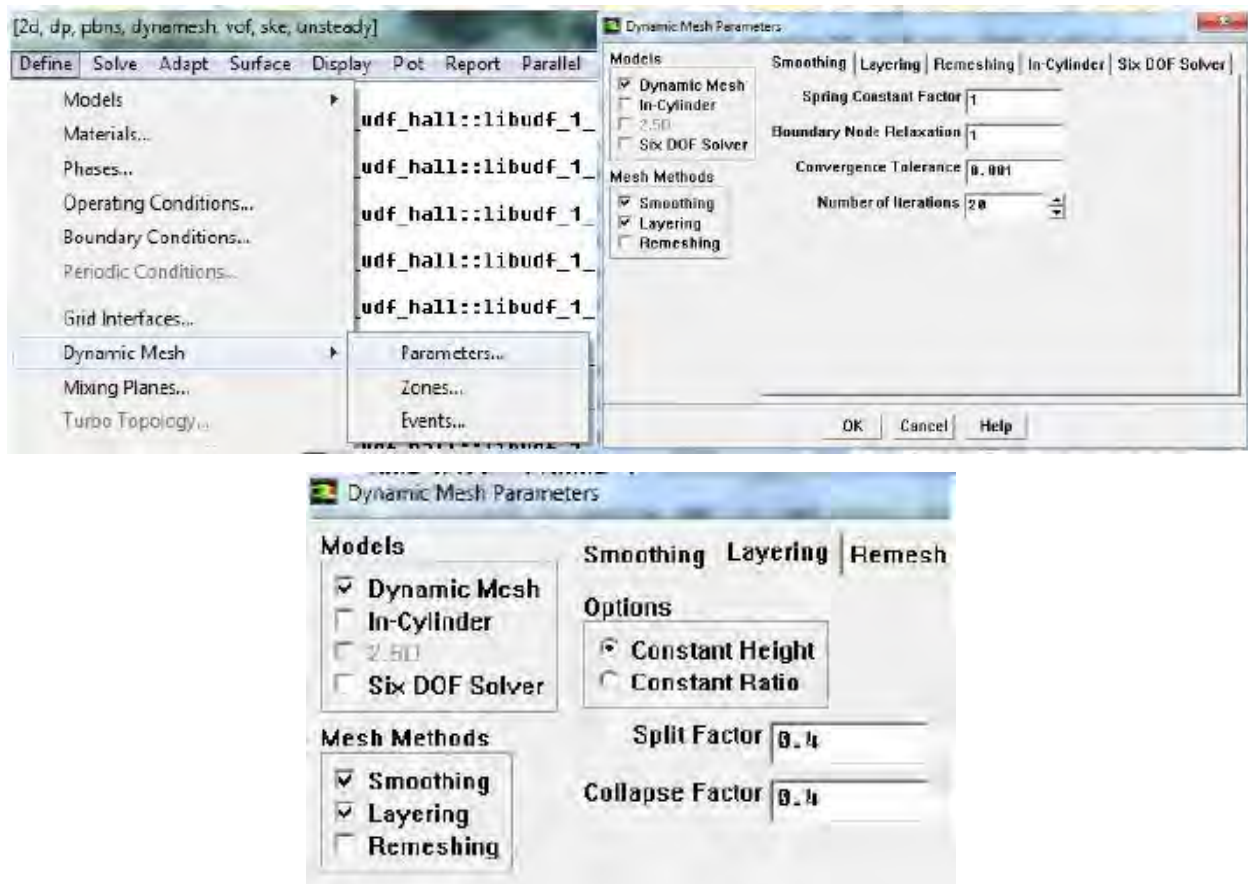
Menentukan User Defined dilakukan dengan cara **User Defined>Functions>Compiled**. Langkah selanjutnya adalah klik Load untuk memasukkan **libudf** (library user defined function) ke dalam UDF library.



Gambar 24 Tampilan Compiled - User Defined.

Dynamic Mesh Model

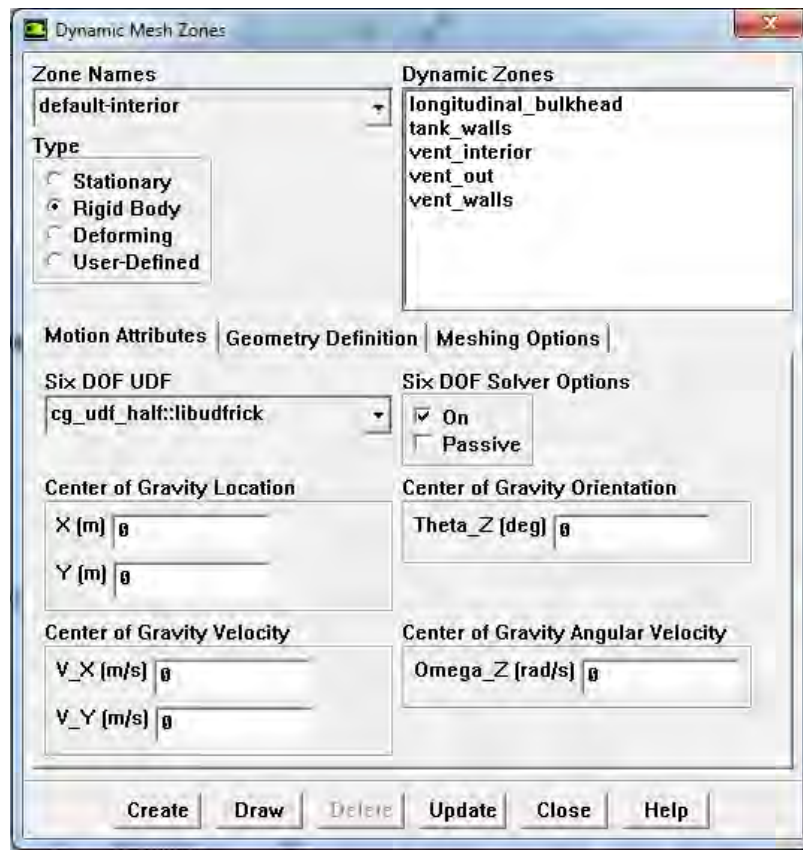
1. Menentukan Parameter Meshing Dynamic Mesh>Parameters



Gambar 25 Tampilan Dynamic Mesh Model.

- Mengaktifkan Dynamic Mesh di dalam list Models.
 - Menonaktifkan Smoothing dan mengaktifkan Layering di dalam list Mesh Methods.
 - Pilih tab Layering dan masukkan angka 0.4 untuk Collapse Factor.
 - Klik OK untuk menutup pane Dynamic Mesh Parameters
2. Mengatur daerah mesh

Dynamic Mesh>Zones



Gambar 26 Tampilan Dynamic Mesh Zones.

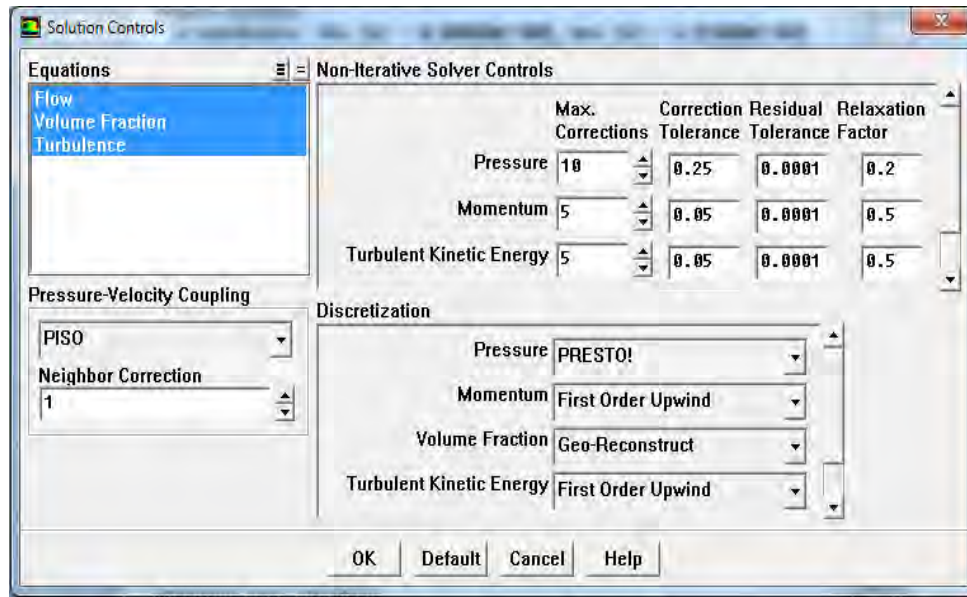
Tentukan dan pilih dinding yang akan diujicoba melalui list Zone Names.

- b) Biarkan pilihan default Rigid Body di dalam list Type.
- c) Klik tab Meshing Options dan masukkan angka 0.008 m untuk box Cell Height.
- d) Angka itu merupakan angka rata-rata untuk sel normal dari dinding yang diujicobakan (dinding yang bergerak)
- e) Klik Create dan tutup panel Dynamic Mesh Zones.

Dynamic Mesh Model

1. Lakukan setting seperti gambar dibawah pada panel **solution controls**.

Solve>Controls>Solution

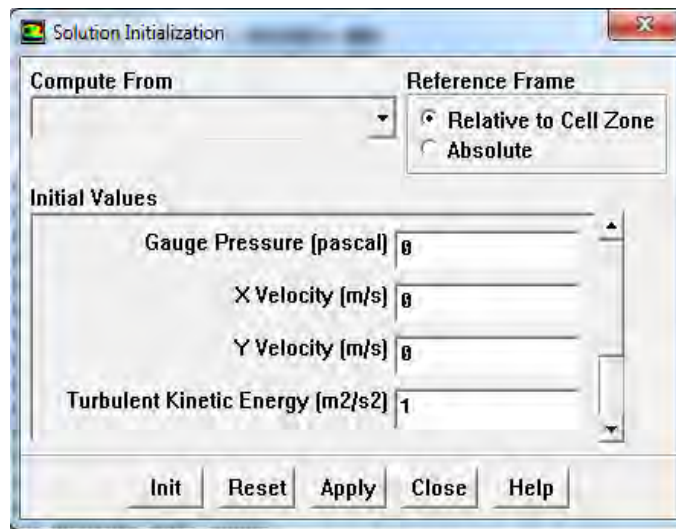


Gambar 27 Tampilan Panel Solution.

- a) Biarkan default settings untuk semua parameter.
- b) Klik OK untuk menutup panel Solution Controls

2. Initialize

Solve>Initialize>Initialize.



Gambar 28 Inisialisai Solusi.

Klik Init setelah mengisi nilai 1 pada Turbulent Kinetic Energy lalu kemudian tutup panel Solution Initialization.

3. Membuat tanda dari ketinggian awal air.

Adapt>Region..

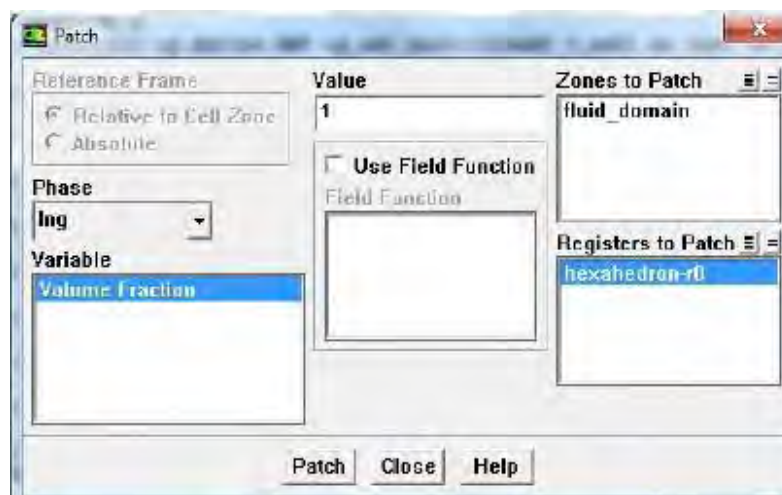


Gambar 29 Tampilan Penentuan Ketinggian Fase.

- a) Masukkan angka 6.65 m untuk X Max, 0 untuk X Min, lalu angka Y Min dengan angka -3.45, dan angka Y Max sesuai dengan ketinggian air. Untuk X Max, X Min, dan Y min, selalu tetap.
- b) Klik Mark dan tutup panel Region Adaption.

4. Menentukan patch level ketinggian.

Solve>Initialize>Patch...



Gambar 30 Patch.

Pilih hexahedron-r0 di dalam list Registers to Patch.

b) Pilih LNG di dalam list Phase.

c) Pilih Volume Fraction didalam list Variable.

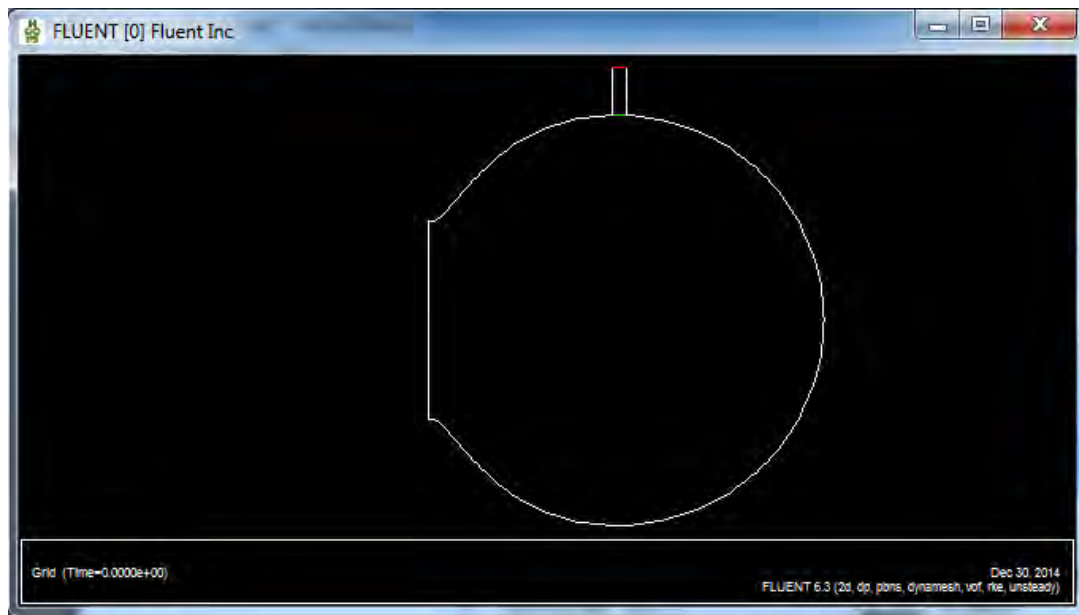
d) Masukkan angka satu 1 di box Value.

e) Klik Patch dan tutup panel Patch.

5. Menampilkan gambar dari daerah yang bergerak sekaligus memeriksa pergerakan dari dinding-dinding yang diujicoba.

a. Menampilkan gambar

Display>Grid...



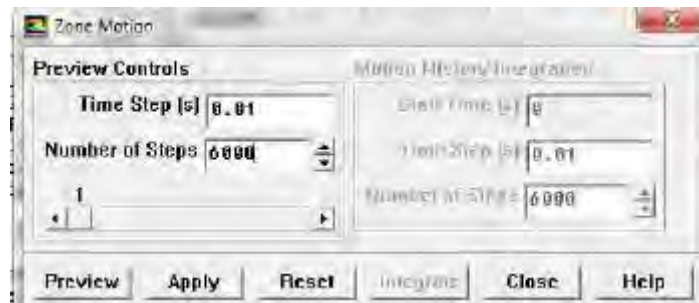
Gambar 31 Tampilan Grid Zone Motion.

i. Menonaktifkan *default-interior* di dalam list **Surfaces**.

ii. Klik **Display** dan tutup panel **Grid Display**.

b. Menampilkan daerah yang bergerak

Display>Zone Motion

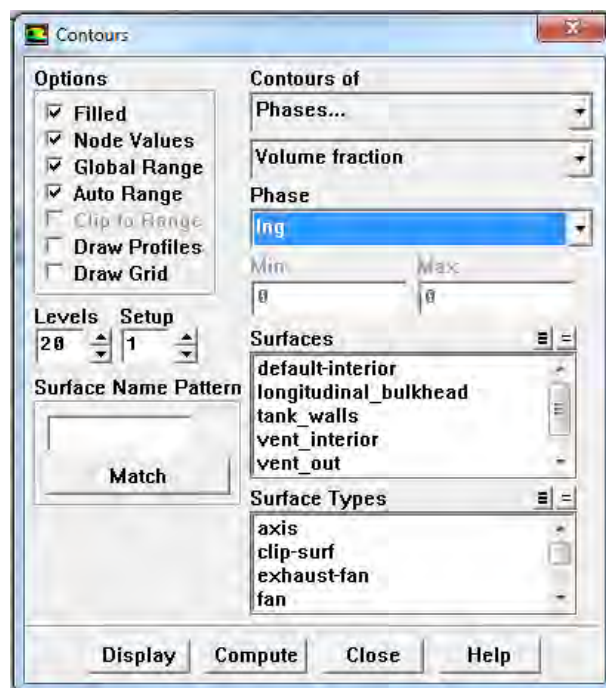


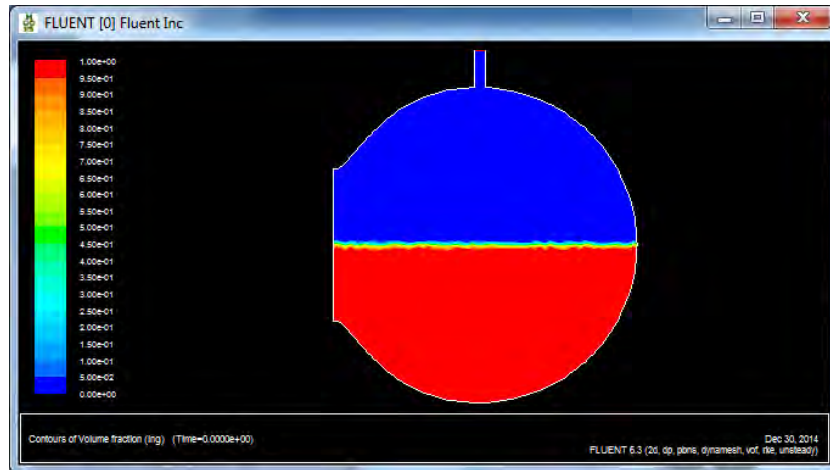
Gambar 32 Display Zone Motion.

- i. Masukkan nilai 0.01 second untuk Time Step di dalam grup box Motion History Integration
- ii. Masukkan angka 6000 untuk **Number of Steps**
- iii. Klik **Integrate** maka akan masuk ke tabel **Preview Controls**
- iv. Masukkan angka 0.01 second untuk **Time Step** di dalam grup box **Preview Controls**
- v. Masukkan angka 6000 untuk **Number of Steps** di dalam grup box **Preview Controls**
- vi. Klik **Preview** dan tutup panel **Zone Motion**

6. Melihat kontur dari volume fluida

Display>Contours

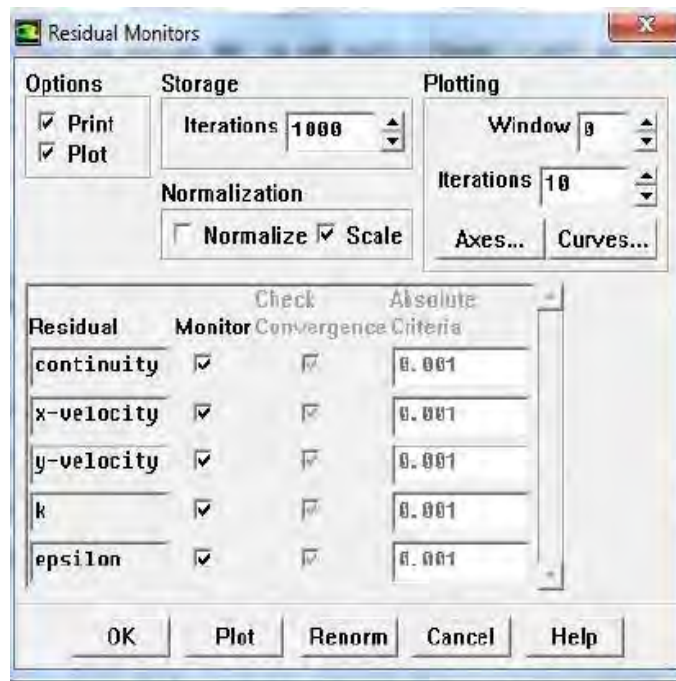




Gambar 33 Tampilan Ketinggian Fase.

- a) Pilih Phases dan Volume Fraction dari dalam list Contours.
 - b) Pilih LNG di dalam list Phase.
 - c) Mengaktifkan Filled dalam list Options.
 - d) Klik Display dan tutup panel Contours.
7. Mengaktifkan tampilan (plot) dari **Residual** selama proses perhitungan.

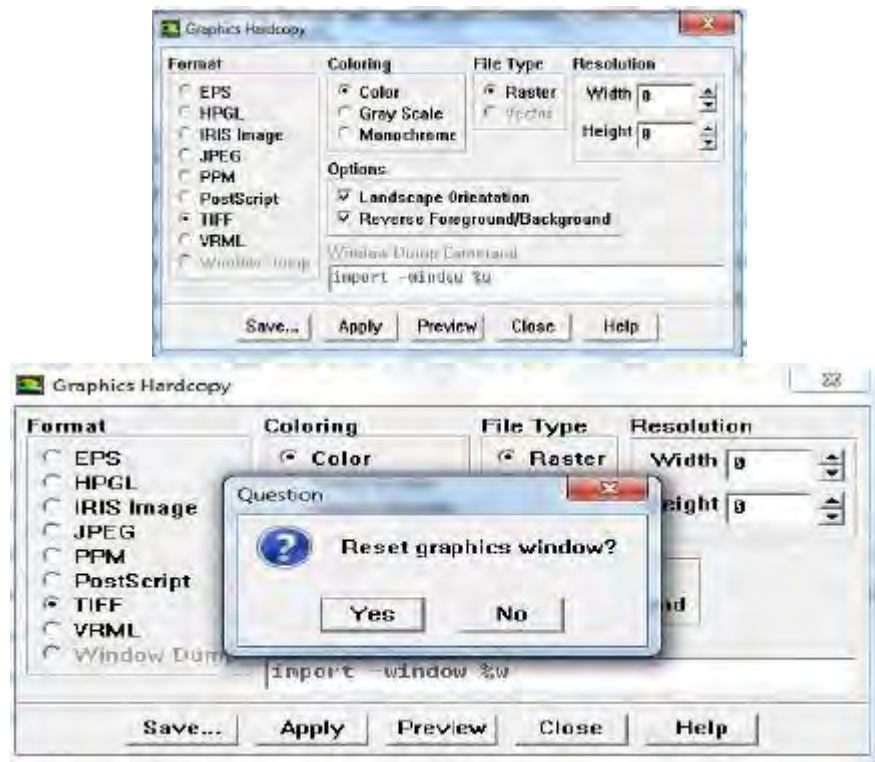
Solve>Monitors>Residual



Gambar 34 Tampilan Residual Monitor.

- a) Mengaktifkan Plot di dalam list Options.
 - b) Masukkan angka 10 di box Iterations di dalam grup box Plotting.
 - c) Klik OK untuk menutup panel Residual Monitors.
8. Mengatur kopi dari proses iterasi.

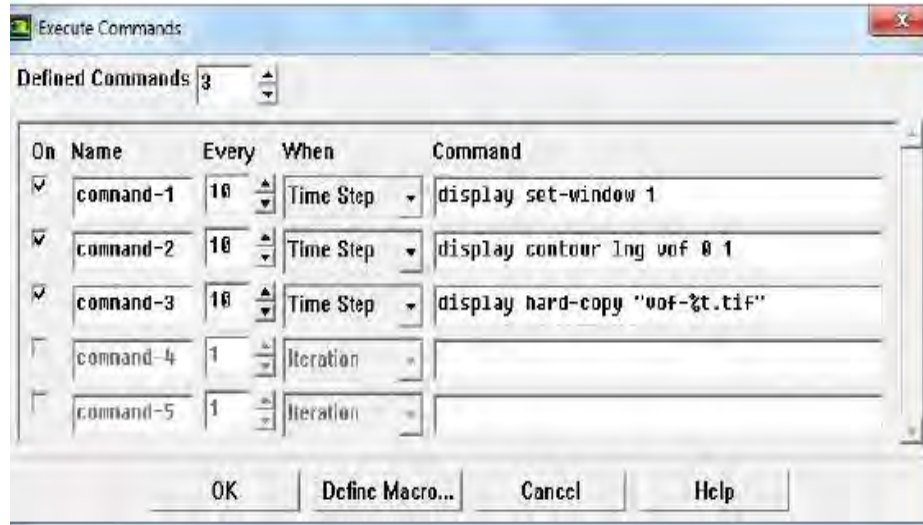
File>Hardcopy



Gambar 35 Tampilan Hardcopy.

- a) Pilih TIFF di dalam grup box Format.
- b) Pilih Color di dalam grup box Coloring.
- c) Klik Apply.
- d) Klik Preview. Selanjutnya akan muncul box pertanyaan apakah akan me-reset grafik atau tidak
- e) Klik Yes di dalam box Question Dialog.
- f) Tutup panel Graphics Hardcopy. Mengatur perintah untuk menyimpan gambar kontur Dalam hal ini, kita membutuhkan **Text User Interface (TUI)** agar semua gambar atau grafik dapat terekam dengan baik. Untuk sebagian besar **graphic command**, menyediakan TUI>

Solve>Execute Commands.

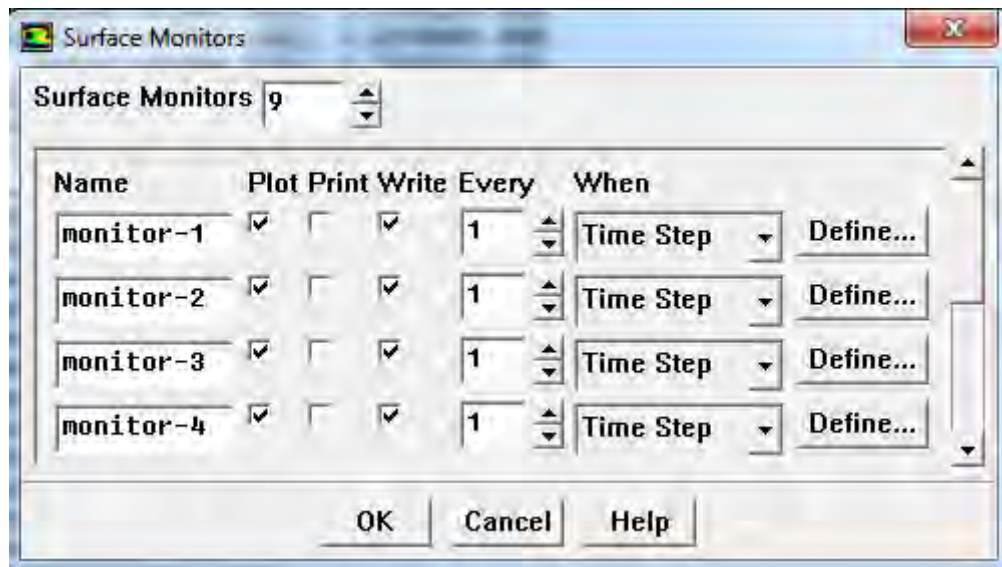


Gambar 36 Tampilan Execute Commands.

- a) Masukkan angka 3 untuk box Defined Commands.
- b) Mengaktifkan pilihan On untuk semua Commands.
- c) Masukkan angka 10 pada box Every untuk semua Commands.
- d) Pilih Time Step untuk box list When.
- e) Untuk command-1, dituliskan kode pada box Command sebagai berikut: **display set-window 1** perintah ini digunakan untuk mengaktifkan command-1.
- f) Untuk command-2, dituliskan kode pada box Command sebagai berikut: **display contour lng vof 0 1** Perintah ini akan menunjukan/mengaktifkan kontur dari volume LNG.
- g) Untuk command-1, dituliskan kode pada box Command sebagai berikut: **display hard-copy "vof-%t.tif"**. Perintah ini digunakan untuk menyimpan data gambar dalam bentuk TIF. Istilah %t dapat diganti dengan nilai time step. Gambar dalam bentuk TIF ini dapat digunakan untuk membuat simulasi animasi agar lebih memperjelas keadaan sesungguhnya.
- h) Klik OK untuk menutup panel Execute Commands.

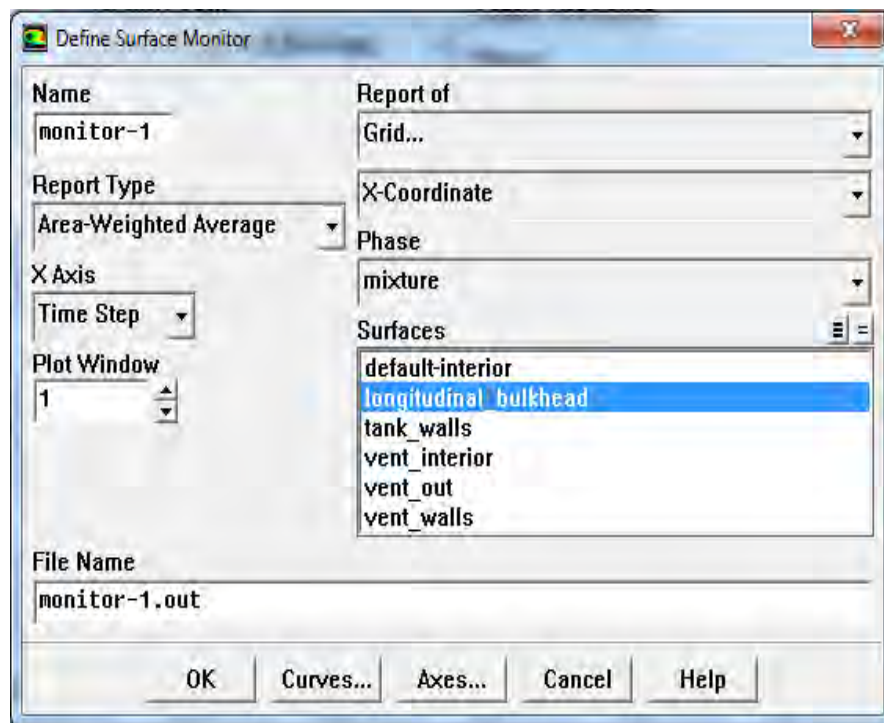
10. Set the surface monitors.

Solve>Monitors>Surface



Gambar 37 Tampilan Surface Monitors.

- Masukkan angka 9 untuk box Surface Monitors.
- Mengaktifkan box Plot untuk monitor-1 dalam grup box Name.
- Pilih Time Step dari list When.
- Klik Define untuk monitor-1.



Gambar 38 Tampilan Define Surface Monitors.

- i. Pilih Area-Weighted Average di dalam list **Report Type**.
- ii. Pilih **Grid** dan **X-Coordinate** dari dalam list **Report of**.
- iii. Pilih dinding yang akan diujikan dari dalam list **Surfaces**.
- iv. Klik **OK** untuk menutup panel **Surface Monitor**.
- v. Klik OK untuk menutup panel Surface Monitors.

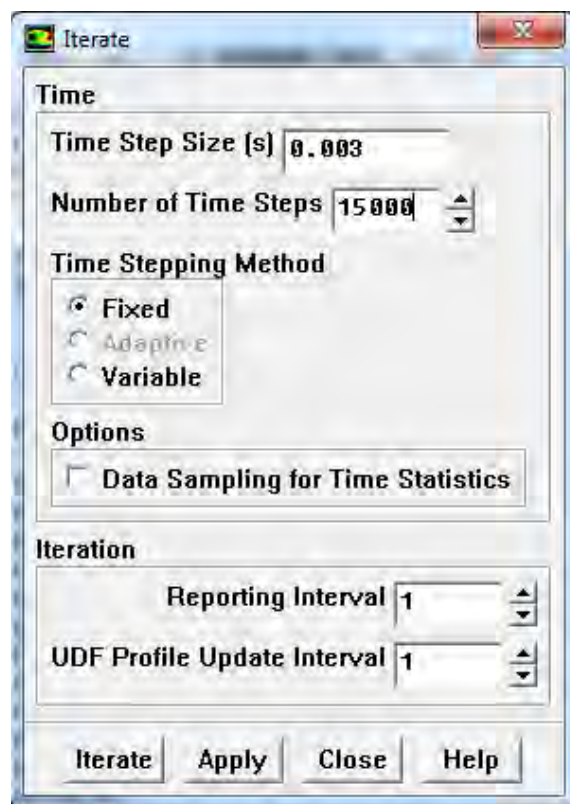
11. Menyimpan case and data

File>Write>Case & Data

Membiarkan *default* dari pilihan **Write Binary Files**. Penggunaan kode **.gz** di belakang nama file akan membantu mengurangi beban data yang biasanya sangat besar..

12. Memulai proses perhitungan

Solve>Iterate



Gambar 39 Tahap Iterasi FLUENT.

- a) Masukkan angka 0.003 second untuk box Time Step Size.
- b) Masukkan angka 15000 untuk box Number of Time Steps.
- c) Klik Iterate.
- d) Tutup panel Iterate setelah selesainya iterasi dari 6000 time steps.

13. Menyimpan case and data.

File>Write>Case & Data

BIODATA PENULIS



Penulis lahir di Klaten pada 13 April 1992 dari pasangan Drs. H. Suwandi dan Dra. Hj. Dyah Eko Yuliani. Riwayat pendidikan penulis diawali dari TK Al – Iman pada 1997 – 1998. Kemudian melanjutkan di SD N 2 Klaten pada 1998 – 2004. Kemudian, penulis melanjutkan di SMP N 2 Klaten pada 2004 – 2007. Selepas jenjang pendidikan atas di SMA N 1 Klaten pada 2007 – 2010, penulis diterima sebagai mahasiswa S1 di Jurusan Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya pada 2010 – 2015.

Sebagai mahasiswa Teknik Perkapalan, penulis aktif dalam kegiatan ormawa & kepanitian baik di tingkat jurusan, fakultas maupun Institut. Dimulai dari menjadi staff Dept. Kewirausahaan (KWU) HIMATEKPAL FTK – ITS (2011-2012), Tim Ad – Hoc Perumusan AD – ART BEM FTK – ITS (2011 - 2012), Staff Dept. PSDM HIMATEKPAL FTK – ITS (2012 - 2013), *Steering Commitee* Kaderisasi Himatekpal (2012 - 2013), Staff Lomba Karya Tulis Ilmiah (LOKARINA) pada kegiatan SAMPAN 5 & 6 (2010 - 2011) dan (2011 - 2012), Ketua Panitia Seminar *Bisnis Plan* oleh Dept. Kewirausahaan (KWU) HIMATEKPAL (2011 - 2012), Ketua Panitia Pelatihan IC oleh Dept. PSDM HIMATEKPAL FTK – ITS (2012), Staff Divisi Logistik UKM SEPAKBOLA ITS (2012 - 2013). Adapun beberapa prestasi penulis di bidang olahraga yaitu mewakili ITS dalam kejuaraan Futsal di Regional Jawa Timur yaitu pada KIT – FUTSALISMO tahun 2012. Penulis juga beberapa kali mewakili Jurusan Teknik Perkapalan pada perhelatan Turnamen Futsal antar jurusan maupun antar fakultas di ITS, yaitu pada ITS Futsal Competition (IFC) pada tahun 2012, 2013, dan 2014 dimana prestasi terbaik adalah menjadi juara ketiga pada even tersebut. Pada tingkat fakultas, penulis pernah menjadi wakil Fakultas Teknologi Kelautan pada acara Dies Natalies ITS dalam cabang olahraga futsal yaitu pada Dies Natalies tahun 2012, 2013, dan 2014 dimana prestasi terbaik adalah menjadi *runner – up* pada ajang tersebut.

Selain itu, penulis juga aktif dalam berbagai kegiatan pelatihan maupun seminar yaitu antara lain ESQ *Basic Training*, PKTI oleh HIMATEKPAL (2010), Maxsurf *Training*, Grider Pelatihan AutoCadd (2011), Peserta Pelatihan & Simulasi Tender oleh SAMPAN 6 (2012),

Perwakilan HIMATEKPAL pada SEKOLAH PENGADER ITS (2012), LKMM Pra – TD FTK – ITS (2010), LKMM TD HIMATEKPAL FTK – ITS (2011), serta PP LKMM FTK – ITS (2012). Penulis juga aktif sebagai pemandu pada kegiatan LKMM Pra – TD FTK – ITS (2011) & (2012), LKMM TD HIMATEKPAL FTK – ITS (2012) & (2013), serta PP LKMM VI FTK – ITS (2013).

Penulis juga pernah melaksanakan kerja praktek di PT. Dok dan Perkapalan Surabaya serta PT. Biro Klasifikasi Indonesia Tanjung Priok Jakarta. Diakhir masa kuliah penulis menyelesaikan tugas akhir dengan judul “Analisis *Sloshing* pada *Independent Supporting Tank* Tipe C LNG Carrier Secara Melintang Akibat Gerakan *Swaying*, *Heaving*, dan *Rolling* dengan Metode *Computational Fluid Dynamics*” sebagai syarat untuk mendapatkan gelar sarjana sehingga diharapkan dapat memajukan Negara Kesatuan Republik Indonesia di Bidang Kemaritiman.

Penulis,